Phys. sp.
518
X

Phys. Sp. 578^{x}

Pohl

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Der

Elektromagnetismus

und die

Bewegung der Himmelskörper

in ihrer

gegenseitigen Beziehung

dargelegt

von

Dr. Georg Friedrich Pohl,
ordentlichem Professor der Physik an der Universität zu Breslau.

Mit 23 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Breslau,
bei Georg Philipp Aderholz.
1846.

Bayerische Staatsbibliothek München

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Vorwort.

Die Astronomie und Chemie sind von Alters her ursprüngliche Provinzen der Physik. Seit Newton und Lavoisier haben sich diese Gebiete nach einander als Partialdisciplinen unter großen Erweiterungen von der gemeinsamen Grundlage getrennt und der Physik scheint unter dem glanzvollen Wachsthum der losgerissenen Colonieen nur noch ein verhältnißmäßig kleiner Theil des anfänglichen großen Mutterlandes zurück geblieben zu sein. Allein die Trennung ist keine absolute gewesen und konnte es nicht sein. Sie hat nur nach dem allgemeinen Lebensgesetze statt gehabt, daß jede Entwickelung mit Abscheidungen verknüpft sein und unter Concentrirung der Functionen zu desto reinerer Darstellung der zum Grunde liegenden Idee vor sich gehen muß.

Der mit dem Anbeginn wissenschaftlicher Regung tief und unvertilgbar begründete speculative Character der Physik liegt in der Auffassung der Einheit des Mechanischen und Chemischen mit dem Lebendigen überhaupt; darin ist der Kern des Begriffes der Wissenschaft, ihre Selbstständigkeit und große Bedeutsamkeit enthalten, außer welchen es keine einige Physik mit der organischen Gliederung ihres mechanischen und chemischen Theils, sondern nur eine Mechanik und eine Chemie auf getrennten Feldern geben könnte. Die Astronomie und Mechanik berechnet die Bewegung, die Chemie analysirt die chemische Zusammensetzung der Körper; je schärfer ihre Quantitätsbestimmungen sind, um so besser genügen diese Disciplinen ihrer Aufgabe; mehr liegt ihnen nicht ob; in der messenden und calculatorischen Virtuosität, in der Gewandtheit der Analyse liegt der Conceptheil ihres wissenschaftlichen Verdienstes. Die Physik hingegen, wenn sie ihrem Begriffe entsprechen, wenn sie die Ansichten, welche der Astronom und Chemiker ohne Erfassung des Gesammtlebens nur als Formulare für ihre Leistungen adoptirt haben, nicht unselbstständig in sich aufnehmen, wenn sie mehr als ein bloßes Excerpt, mehr als ein, wenn auch umfangreiches, doch dürres Aggre-

gat zusammengetragener Bruchstücke aus der Mechanik und Chemie sein soll, muß, obgleich auf jene Vorarbeiten sich stützend, doch ungleich weiter gehen durch ein positives Eindringen in die qualitative Natur der Erscheinungen, was nur möglich ist, wenn die Reiche der Bewegung und des Chemismus nicht als gesonderte, wie es in der Mechanik und Chemie geschieht, sondern der Wahrheit nach als unter sich und mit dem großen Ganzen der Naturwirksamkeit in innigster Verbindung begriffene, als Functionen des Naturlebens, als ihm immanente Vorstufen der im engern Sinne sogenannten organischen Naturthätigkeit betrachtet und behandelt werden.

In diesem Sinne bin ich seit geraumer Zeit bemüht gewesen, mit meinen geringen Kräften dazu etwas beizutragen, die Physik einer dem Bedürfniß des Wissens und ihrer Grundidee gemäßen Gestaltung mehr und mehr entgegen zu führen. Meine Bestrebungen sind ursprünglich nur dem chemischen Theil der Wissenschaft zugewandt gewesen, insbesondere die Aufgabe der Ermittelung des inneren Zusammenhanges zwischen der Elektricität, dem Magnetismus und dem eigentlichen Chemismus verfolgend. Unwillkührlich aber und wie durch eine von selbst sich darbietende weitere Entwickelung dessen, was sich mir dort ergeben hat, dazu getrieben, bin ich zugleich zu Aufschlüssen über den mechanischen Theil der Naturlehre gelangt, die ich in ihrer einfachsten Gestalt in diesen Blättern niedergelegt habe. Sie bilden die ersten Grundlinien zu einem Neubau der Wissenschaft, dessen weitere Ausführung noch manche Zeit und manche an Kraft und Geschick der meinigen weit überlegene Hand erheischen wird. Aber ich halte sie für eine zuverlässige, der objectiven Naturwahrheit angehörige Begründung und ohne mehr darüber zu äußern, da sie für sich selbst sprechen müssen, glaube ich nur noch für diejenigen, die meine Copernicanische Gedächtnißschrift: „Das Leben der unorganischen Natur. Breslau 1843" nicht ohne Beifall aufgenommen haben, die Bemerkung hinzufügen zu dürfen, daß wenigstens ein nicht unbeträchtlicher Theil von dem, was in jener nur noch als Vermuthung oder Verheißung ausgesprochen worden, mit der gegenwärtigen Schrift bereits in Erfüllung übergegangen ist.

Breslau, im Julius 1845.

Der Verfasser.

Ueberſicht des Inhalts.

Einleitung.

Seite

Newton's Theorie der Bewegung der Himmelskörper. 1

Phyſikaliſche Unzuläſſigkeit derſelben.

Ankündigung einer Theorie unter dem Geſichtspunkte des Elektromagnetismus.

Erſter Abſchnitt.

Der Elektromagnetismus.

Elektromagnetiſcher Rotationserfolg.

§. 1. Vorrichtung zur Darſtellung deſſelben. 5

§. 2. 3. Betrachtung der Beſchaffenheit und Wichtigkeit des Erfolgs in Bezug auf die Theorie der kosmiſchen Bewegungen. 6

§. 4—6. Gründe, aus welchen dieſe Wichtigkeit nicht anerkannt worden und Widerlegung derſelben. 8

Momente der Wirkung der galvaniſchen Kette im Allgemeinen.

§. 7. Allgemeine Angabe der Wirkung. 11

§. 8. Angabe derſelben nach der gewöhnlichen elektromagnetiſchen Theorie. . . . 13

§. 9. Hervorhebung der Idee einer im Chemismus ſelbſt enthaltenen Polarität. . 13

§. 10—12. Weitere Auseinanderſetzung der galvaniſchen Polaritätstheorie. . . . 14

§. 13. Unterſchied der Elektricität und des Magnetismus 17

§. 14. 15. Weſentliches Verhältniß der Elektricität und des Magnetismus zum chemiſchen Proceß. 18

Die elektromagnetiſche Circularpolarität insbeſondere und aus ihr hervorgehende Bewegungen.

§. 16. Aeußerung dieſer Polarität durch rotatoriſche Schwingungsantriebe nach entgegengeſetzten Richtungen. 20

Seite

§. 17. Mechanische Wirkungen derselben. 22

§. 18. Nähere Bestimmung der Circularpolarität. 22

§. 19. Vergleichung derselben mit der Polarität des gewöhnlichen Magnetismus. . 24

§. 20. Wirkungssphäre des gewöhnlichen und des Elektromagnetismus. 25

§. 21. 22. Bewegung zweier parallelen Elektromagnete durch ihre Wechselwirkung auf einander und Folgerungen daraus. 29

§. 23. 24. Elektromagnetische Inductionserfolge und Folgerungen daraus. . . . 32

§. 25. Demonstration des elektromagnetischen Rotationserfolgs im Allgemeinen. . .

§. 26. Bestimmtere Nachweisung dieses Erfolgs durch die nähere Angabe des Erregungszustandes im Inneren des Elektromagneten. 37

§. 27. Nachweisung, daß die Bahn ein Kreis und keine andere Curve sei. 39

§. 28—30. Folgerungen, welche statthaben unter der Annahme einer Ungleichheit in der Stärke der beiden elektromagnetischen Polareffecte. 41

§. 31. Allgemeines Grundgesetz der elektromagnetischen Bewegung. 46

§. 32. Zusammenhang desselben mit dem Newtonischen Attractionsgesetz. 48

§. 33. Unzulässigkeit einer von Laplace in dieser Beziehung aufgestellten Behauptung. 49

§. 34. Allgemeines Gesetz der elektromagnetischen Bewegung in Bezug auf Zeitdauer und Geschwindigkeit der Bewegung. 51

§. 35. Schlußbemerkung in Bezug auf die Gültigkeit obiger Gesetze für verschiedene Elektromagnete. 53

Zweiter Abschnitt.

Die Bewegungen der Himmelskörper.

Das 1. und 2. Keppler'sche Gesetz.

§. 36. Bei dem inneren Zusammenhange der beiden oben in §. 31 und 34 erwiesenen Gesetze muß, weil das zweite Keppler'sche Gesetz, welches mit dem in §. 34 erwiesenen übereinstimmt, als ein zuverlässiges Erfahrungsergebniß besteht, auch das in §. 31 enthaltene für die kosmischen Bewegungen gelten 55

§ 37. Die Uebereinstimmung zwischen den elektromagnetischen und kosmischen Bewegungen findet bloß in Beziehung auf die Form und Gesetzmäßigkeit, keineswegs in Beziehung auf den specifischen Gehalt der Thätigkeit statt. . . 56

Seite

§. 38. Aus Gründen und Beispielen hergeleitete Widerlegung der Vorstellungen, welche nach den Newtonischen Voraussetzungen gegen die Annahme repulsiver Wirkungen in den kosmischen Bewegungen vorgebracht werden können. 59

§. 39. 40. Weitere Auseinandersetzung der hieher gehörigen Ansichten als Grundlage zu der in §. 41 enthaltenen allgemeinen Demonstration. 61

§. 41. Beweis, daß die Bewegungen der Himmelskörper unter rotatorischen auf den Drehungsradien senkrechten Antrieben erfolgen, die sich umgekehrt wie die jedesmaligen Drehungsradien verhalten. Grundlegung des zweiten Keppler'schen Gesetzes. 67

§. 42. Verhältniß zwischen der jeder einzelnen Planeten- und Kometenbewegung ursprünglich zum Grunde liegenden Kreisbahn und der erfahrungsmäßigen elliptischen Bahn. Grund des ersten Keppler'schen Gesetzes. Umgekehrte und directe Aufgabe der Centralbewegung. 70

Das dritte Keppler'sche Gesetz.

§. 43. Erläuterung des dritten Keppler'schen Gesetzes in Beispielen. Die Gültigkeit desselben ist nach der Erfahrung und der hier entwickelten Theorie nur eine approximative. 75

§. 44. Die in der Stärke der Rotationsantriebe sich äußernde Reaction der verschiedenen kosmischen Massen gegen ihren gemeinsamen Centralkörper nimmt zu wie die Quadratwurzel aus ihren Abständen von jenem. — Erste Vorstufe des Keppler'schen Gesetzes. 77

§. 45. Die Stärke der Rotationsantriebe an und für sich aber, mit welchen jene Massen sich um den gemeinsamen Centralkörper bewegen, wenn ihre Bahnen die der Bewegung ursprünglich zum Grunde liegenden Kreisbahnen sind, verhält sich umgekehrt wie die Quadratwurzel aus dem respektiven Abstande von jenem. — Zweite Vorstufe des Keppler'schen Gesetzes. 79

§. 46. Die Geschwindigkeit eines Planeten oder Kometen in den Endpunkten der kleinen Bahnaxe oder seine mittlere Geschwindigkeit in die Quadratwurzel aus dem Radius der ursprünglichen Kreisbahn oder in die Quadratwurzel aus der halben großen Bahnaxe multiplicirt, ist ein beständiges Product. — Erfahrungsbelege. — 80

§. 47. Eben das gilt auch für jede zwei andere übereinstimmig liegende Puncte je zweier elliptischen Bahnen, so weit die Excentricität der letzteren als nicht verschieden angesehen werden kann. Bestätigung durch Erfahrungsbelege. . . 84

Seite

§. 48. Grundlegung des dritten Keppler'schen Gesetzes. Von Newtonischen Voraussetzungen unabhängige Demonstration desselben, gültig für die ursprüngliche Kreisbahn der Centralbewegung in absoluter Schärfe. 85

§. 49. Für je zwei elliptische Bahnen ist die nur approximative Gültigkeit um so mehr beschränkt, je größer das Verhältniß der respectiven Excentricität ist. . 86

§. 50. Nachweisung der vorstehenden Behauptung durch Beispiele, welche Kometen von bekannter Umlaufzeit darbieten und Correction der bis jetzt stattgefundenen Bestimmung ihrer Bahnaxe und mittleren Geschwindigkeit. 87

Schluß.

Gedrängte Zusammenfassung der bisherigen Resultate. Das natürliche System der kosmischen Bewegungen und das künstliche Newton's im Bezuge zur speculativen Physik. 90

Einleitung.

Die Welt des gestirnten Himmels erscheint als die ewige äußere Grundlage des Daseins, so weit dieses uns im Reiche der sinnlichen Wahrnehmung offenbar wird. Sie ist deshalb von jeher nicht bloß für den eigentlichen Astronomen und Naturforscher, sondern für den geöffneten Blick des menschlichen Bewußtseins überhaupt ein Gegenstand der angeregtesten Wißbegierde gewesen, und wer möchte es leugnen, daß die Aufschlüsse, deren der Menschengeist mit dem Laufe der Zeiten in diesem hehren Gebiete theilhaftig geworden ist, zu den Grundstufen der Bildungsgeschichte des Menschengeschlechtes gehören. Es wird darum nicht unzweckmäßig sein, die Frage über die eigentliche Ursache der Bewegung der Himmelskörper in dieser Schrift auf eine so faßliche Weise als möglich zur Sprache zu bringen, in sofern es unserer Zeit vorbehalten zu sein scheint, in diesem Reiche der Erkenntniß, durch die in der allgemeinen Ueberschrift bezeichnete Wendung, einen neuen Aufschwung zu einer lichtvollen Erweiterung des Verständnisses der hierher gehörigen Erscheinungen zu gewinnen.

Seit ungefähr anderthalb Jahrhunderten ist bekanntlich über die Bewegungen, in welchen die Planeten und das Heer der Kometen die Sonne in stetem Laufe umkreisen, die durch Newton begründete Vorstellung allgemein verbreitet gewesen, daß dieser Kreislauf aus der Wirkung von zwei verschiedenen aber gleichzeitig thätigen Kräften hervorgehe. Einerseits aus der Gravitations- oder Centripetalkraft, durch welche, wenn sie allein sich äußern könnte, der Planet von der Sonne eben so angezogen werden und in geradlinigem Zuge nach ihr hin fallen würde, wie der Stein vermöge der Schwere zur Erde fällt. Andererseits ist angenommen,

daß zugleich eine in dem Planeten wirksame Tangentialkraft jene einseitige Fallbewegung dergestalt modificire, daß der Planet vermöge dieser Tangentialkraft, in Folge eines unabläßigen Seitenantriebs derselben, in jedem Augenblicke der wirklichen Fallbewegung entzogen, stets abwärts gelenkt und so, statt in gerader Linie zur Sonne zu fallen, in einer krummlinigen Bahn mit ununterbrochenem Laufe rings um die Sonne geführt werde.

So wenig einerseits die Realität der ersten Kraft als eine in den Massen begründete Anziehungsthätigkeit zu bezweifeln ist, so räthselhaft und beziehungslos erscheint dagegen jene Tangentialkraft, wenn sie nächst der Gravitation als ein ursprünglich bedingendes Princip der Bewegung der Himmelskörper postulirt wird. Es knüpft sich an ihre Annahme nothwendig die zwiefache Voraussetzung: erstens, daß jeder der in Bewegung begriffenen Himmelskörper zu irgend einer Zeit einmal und auf irgend eine Weise einen ersten Anstoß erhalten haben müsse, dem zufolge er jene tangentiale Seitenbewegung vollführe, die ihn beständig vor dem directen Fall in die Centralmasse schützt; zweitens, daß die Materie eines jeden dieser Körper zugleich in sich so bestimmungslos und passiv sein müsse, daß sie die Bewegung dieses einmaligen Anstoßes, so lange keine abermalige störende Einwirkung von außen erfolgt, durch alle Jahrtausende ihrer Existenz unabläßig fortzusetzen genöthiget werde.

Eine jede dieser beiden Voraussetzungen verträgt sich aber weder mit den gewöhnlichen Forderungen einer bloß verständigen Reflexion, noch mit dem geläuterten Bewußtsein einer umfassenden Anschauung der Naturwirksamkeit überhaupt. Die Vorstellung, daß nicht allein jeder Planet und jeder Planetentrabant, sondern daß eben so auch ein jeder der zahllosen, in den verschiedensten Richtungen sich um die Sonne schwingenden Kometen und jede der in unermeßlicher Schaar kreisenden Doppelsonnen bei ihrem ersten Auslaufe, wie ein vom Stapel gelassenes Schiff, noch eines besondern ersten Anstoßes zu ihrer Bewegung bedurft, und diesem Anstoß lediglich diese ihre kreisende Bewegung zu verdanken haben, ist vielmehr geeignet, den Witz des Spötters anzuregen, als der Reflexion des Erkenntnißtriebes ein wirklich haltbares Motiv zu einiger Verständigung mit den Erscheinungen darzubieten. Solchergestalt, während der Wißbegierige eine Belehrung sucht, in welcher die zu erklärenden Erscheinungen aus der ungetheilten Wechselwirkung der sich zu Bewegung bestimmenden Massen hergeleitet werden, sieht sich derselbe zu bloß äußerlichen unbestimmt und räthselhaft gelassenen, ja lächerlich erscheinenden Motivirungen hingewiesen, und während er in einem Gebiete, das sich ihm als die Sphäre

der großartigsten und machtvollsten Aeußerungen des Naturlebens ankündigt, sich zu orientiren trachtet, wird ihm dasselbe nach den gangbaren Ueberlieferungen von vorn herein nur als die Stätte eines gewöhnlichen, in sich ohnmächtigen und seelenlosen Mechanismus dargestellt.

So ausgezeichnet daher auch die Astronomie in allen denjenigen ihrer Leistungen erscheint, bei welchen es bloß auf Bestimmung der mathematischen Verhältnisse, auf Messung und Berechnung der zu ihrer Aufgabe gehörigen Gegenstände ankommt, so mangelhaft ist sie seit Newtons Zeit in den Grundlehren über den wesentlichen physikalischen Antheil ihres Gebietes geblieben; ja sie hat gerade durch den Contrast zwischen dem Glanz der Entwickelung ihres mathematischen und der Dürftigkeit des physikalischen Theils während dieser Periode unverkennbar gezeigt, daß auch die gewandteste mathematische Construction nicht bis zu dem tiefer liegenden Gehalt der Erscheinungen vorzudringen vermöge, sondern daß vielmehr, so überaus nützlich auch der Beistand der Mathematik als Hülfswissenschaft für die Physik ist, diese letztere doch in denjenigen Ermittelungen, welche die eigentliche Begründung des physikalischen Charakters der Erscheinungen betreffen, auf ihren eignen Füßen stehen und nicht sowohl durch den Calcül als durch die objective Erfassung des reellen Thatbestandes im Naturleben an und für sich selbst den Fortschritt in der wesentlichen Erkenntniß der Erscheinungen zu Stande bringen müsse.

Ein solcher Fortschritt in Betreff des eigentlichen Verständnisses der Bewegung der Weltkörper ist gegenwärtig auf dem eigenen Grund und Boden der Naturlehre gewonnen, da es bereits zufolge dessen, was kürzlich durch den Verfasser der vorliegenden Schrift veröffentlicht worden ist, nicht füglich mehr einem Zweifel unterliegen kann, daß die nämliche Gesetzlichkeit, nach welcher der elektromagnetische Schließungsdraht einer galvanischen Kette einen gewöhnlichen Magneten umkreist, im wesentlichen und unter sehr einfachen, leicht verständlichen Modificationen auch den Normaltypus in sich schließe, nach welchem die Planeten und Kometen in ihren elliptischen Bahnen um die Sonne geleitet werden. Was darüber bis jetzt in einer kurzen Anzeige (Grundlegung der drei Kepplerschen Gesetze 2c. von Pohl. Breslau, 1845) bekannt geworden, ist hauptsächlich nur zu dem Behuf, der ursprünglichen Nachweisung ihre Priorität zu sichern, berichtet worden. Die gegenwärtige ausführlichere Mittheilung ist dagegen von dem Verfasser, bevor derselbe zu einer mehr ins Einzelne gehenden Bearbeitung des Gegenstandes zu gelangen vermag, zu dem Zweck besonders veranstaltet worden, um unterdeß, nicht nur den Naturforschern und den eigentlichen Kennern des wissenschaftlichen Specialfaches, sondern zugleich

daß zugleich eine in dem Planeten wirksame Tangentialkraft jene einseitige Fallbewegung dergestalt modificire, daß der Planet vermöge dieser Tangentialkraft, in Folge eines unabläßigen Seitenantriebs derselben, in jedem Augenblicke der wirklichen Fallbewegung entzogen, stets abwärts gelenkt und so, statt in gerader Linie zur Sonne zu fallen, in einer krummlinigen Bahn mit ununterbrochenem Laufe rings um die Sonne geführt werde.

So wenig einerseits die Realität der ersten Kraft als eine in den Massen begründete Anziehungsthätigkeit zu bezweifeln ist, so räthselhaft und beziehungslos erscheint dagegen jene Tangentialkraft, wenn sie nächst der Gravitation als ein ursprünglich bedingendes Princip der Bewegung der Himmelskörper postulirt wird. Es knüpft sich an ihre Annahme nothwendig die zwiefache Voraussetzung: erstens, daß jeder der in Bewegung begriffenen Himmelskörper zu irgend einer Zeit einmal und auf irgend eine Weise einen ersten Anstoß erhalten haben müsse, dem zufolge er jene tangentiale Seitenbewegung vollführe, die ihn beständig vor dem directen Fall in die Centralmasse schützt; zweitens, daß die Materie eines jeden dieser Körper zugleich in sich so bestimmungslos und passiv sein müsse, daß sie die Bewegung dieses einmaligen Anstoßes, so lange keine abermalige störende Einwirkung von außen erfolgt, durch alle Jahrtausende ihrer Existenz unabläßig fortzusetzen genöthiget werde.

Eine jede dieser beiden Voraussetzungen verträgt sich aber weder mit den gewöhnlichen Forderungen einer bloß verständigen Reflexion, noch mit dem geläuterten Bewußtsein einer umfassenden Anschauung der Naturwirksamkeit überhaupt. Die Vorstellung, daß nicht allein jeder Planet und jeder Planetentrabant, sondern daß eben so auch ein jeder der zahllosen, in den verschiedensten Richtungen sich um die Sonne schwingenden Kometen und jede der in unermeßlicher Schaar kreisenden Doppelsonnen bei ihrem ersten Auslaufe, wie ein vom Stapel gelassenes Schiff, noch eines besondern ersten Anstoßes zu ihrer Bewegung bedurft, und diesem Anstoß lediglich diese ihre kreisende Bewegung zu verdanken haben, ist vielmehr geeignet, den Witz des Spötters anzuregen, als der Reflexion des Erkenntnißtriebes ein wirklich haltbares Motiv zu einiger Verständigung mit den Erscheinungen darzubieten. Solchergestalt, während der Wißbegierige eine Belehrung sucht, in welcher die zu erklärenden Erscheinungen aus der ungetheilten Wechselwirkung der sich zu Bewegung bestimmenden Massen hergeleitet werden, sieht sich derselbe zu bloß äußerlichen unbestimmt und räthselhaft gelassenen, ja lächerlich erscheinenden Motivirungen hingewiesen, und während er in einem Gebiete, das sich ihm als die Sphäre

der großartigsten und machtvollsten Aeußerungen des Naturlebens ankündigt, sich zu orientiren trachtet, wird ihm dasselbe nach den gangbaren Ueberlieferungen von vorn herein nur als die Stätte eines gewöhnlichen, in sich ohnmächtigen und seelenlosen Mechanismus dargestellt.

So ausgezeichnet daher auch die Astronomie in allen denjenigen ihrer Leistungen erscheint, bei welchen es bloß auf Bestimmung der mathematischen Verhältnisse, auf Messung und Berechnung der zu ihrer Aufgabe gehörigen Gegenstände ankommt, so mangelhaft ist sie seit Newtons Zeit in den Grundlehren über den wesentlichen physikalischen Antheil ihres Gebietes geblieben; ja sie hat gerade durch den Contrast zwischen dem Glanz der Entwickelung ihres mathematischen und der Dürftigkeit des physikalischen Theils während dieser Periode unverkennbar gezeigt, daß auch die gewandteste mathematische Construction nicht bis zu dem tiefer liegenden Gehalt der Erscheinungen vorzudringen vermöge, sondern daß vielmehr, so überaus nützlich auch der Beistand der Mathematik als Hülfswissenschaft für die Physik ist, diese letztere doch in denjenigen Ermittelungen, welche die eigentliche Begründung des physikalischen Charakters der Erscheinungen betreffen, auf ihren eignen Füßen stehen und nicht sowohl durch den Calcül als durch die objective Erfassung des reellen Thatbestandes im Naturleben an und für sich selbst den Fortschritt in der wesentlichen Erkenntniß der Erscheinungen zu Stande bringen müsse.

Ein solcher Fortschritt in Betreff des eigentlichen Verständnisses der Bewegung der Weltkörper ist gegenwärtig auf dem eigenen Grund und Boden der Naturlehre gewonnen, da es bereits zufolge dessen, was kürzlich durch den Verfasser der vorliegenden Schrift veröffentlicht worden ist, nicht füglich mehr einem Zweifel unterliegen kann, daß die nämliche Gesetzlichkeit, nach welcher der elektromagnetische Schließungsdraht einer galvanischen Kette einen gewöhnlichen Magneten umkreist, im wesentlichen und unter sehr einfachen, leicht verständlichen Modificationen auch den Normaltypus in sich schließe, nach welchem die Planeten und Kometen in ihren elliptischen Bahnen um die Sonne geleitet werden. Was darüber bis jetzt in einer kurzen Anzeige (Grundlegung der drei Kepplerschen Gesetze rc. von Pohl. Breslau, 1845) bekannt geworden, ist hauptsächlich nur zu dem Behuf, der ursprünglichen Nachweisung ihre Priorität zu sichern, berichtet worden. Die gegenwärtige ausführlichere Mittheilung ist dagegen von dem Verfasser, bevor derselbe zu einer mehr ins Einzelne gehenden Bearbeitung des Gegenstandes zu gelangen vermag, zu dem Zweck besonders veranstaltet worden, um unterdeß, nicht nur den Naturforschern und den eigentlichen Kennern des wissenschaftlichen Specialfaches, sondern zugleich

jedem, wenn auch nur mit den allgemeinsten Vorkenntnissen versehenen Leser einen klaren und gegen mangelhafte Auffassung hinlänglich sichernden Einblick in dieses neu aufgefundene Princip der kosmischen Bewegungen zu gewähren.

Die ganze Darlegung zerfällt demnächst, ihrer Natur zufolge, von selbst in zwei Hauptabschnitte. Der erstere derselben enthält die nothwendige, zum Grundverständniß des Ganzen unerläßliche Erörterung über die aus dem Wesen des Galvanismus hergeleitete Beschaffenheit des Elektromagnetismus, namentlich über die Form und Gesetzlichkeit seiner ihm als Princip der rotatorischen Bewegung zugehörigen Circularpolarität. Im zweiten Abschnitte findet sodann die Anwendung dieser Grundlage statt, indem aus absolut gültigen Gründen und aus Erfahrungsergebnissen dargethan wird, daß die Bewegung der Himmelskörper nach denselben Gesetzen und unter ähnlichen Formen der Wechselwirkung, wie die elektromagnetischen Rotationen, erfolge. Eine speciellere Uebersicht der Gegenstände, zu deren Entwickelung wir nunmehr schreiten, liefert das mitgetheilte Inhaltsverzeichniß.

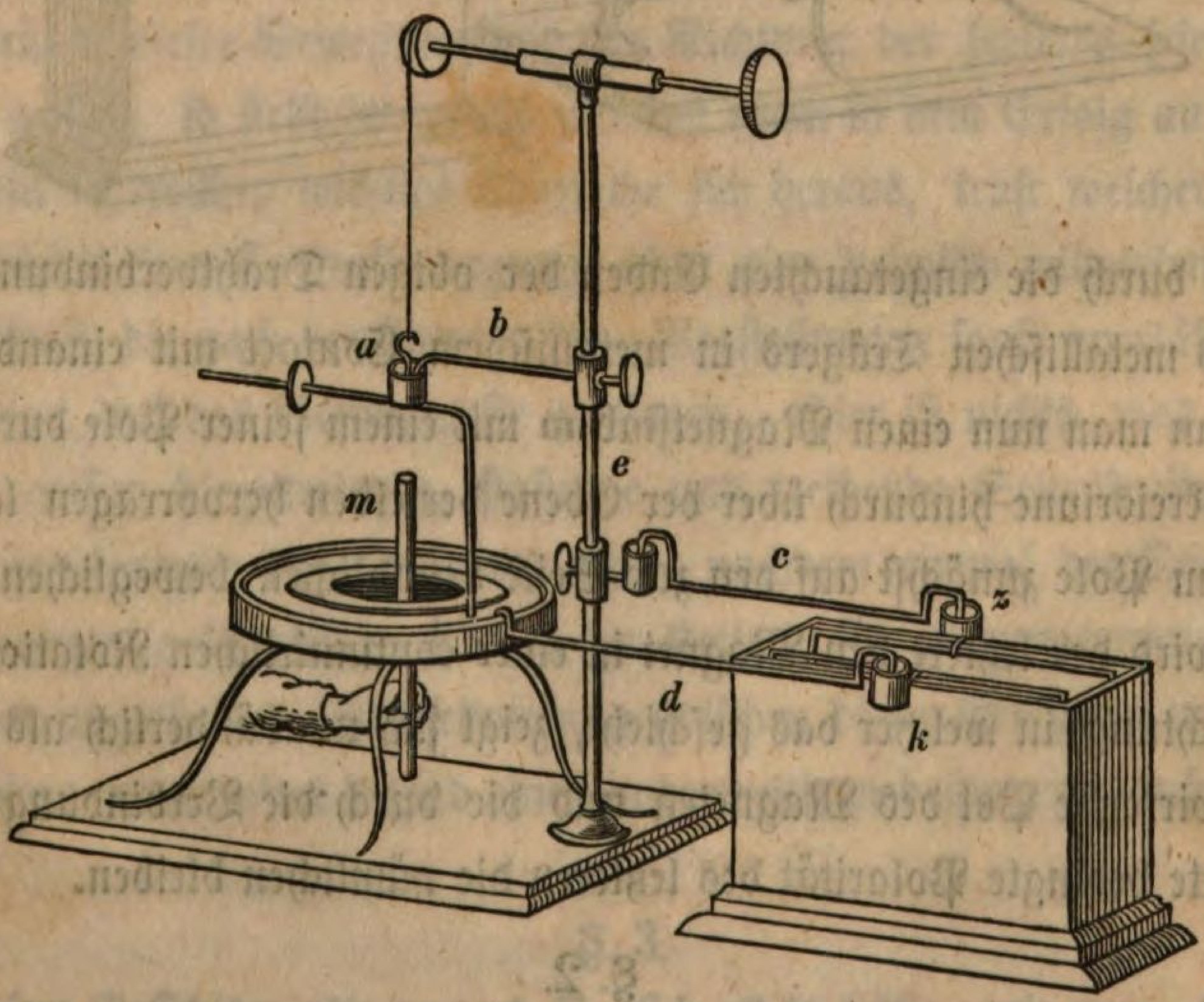
Erster Abschnitt.

Der Elektromagnetismus.

Elektromagnetischer Rotationserfolg.

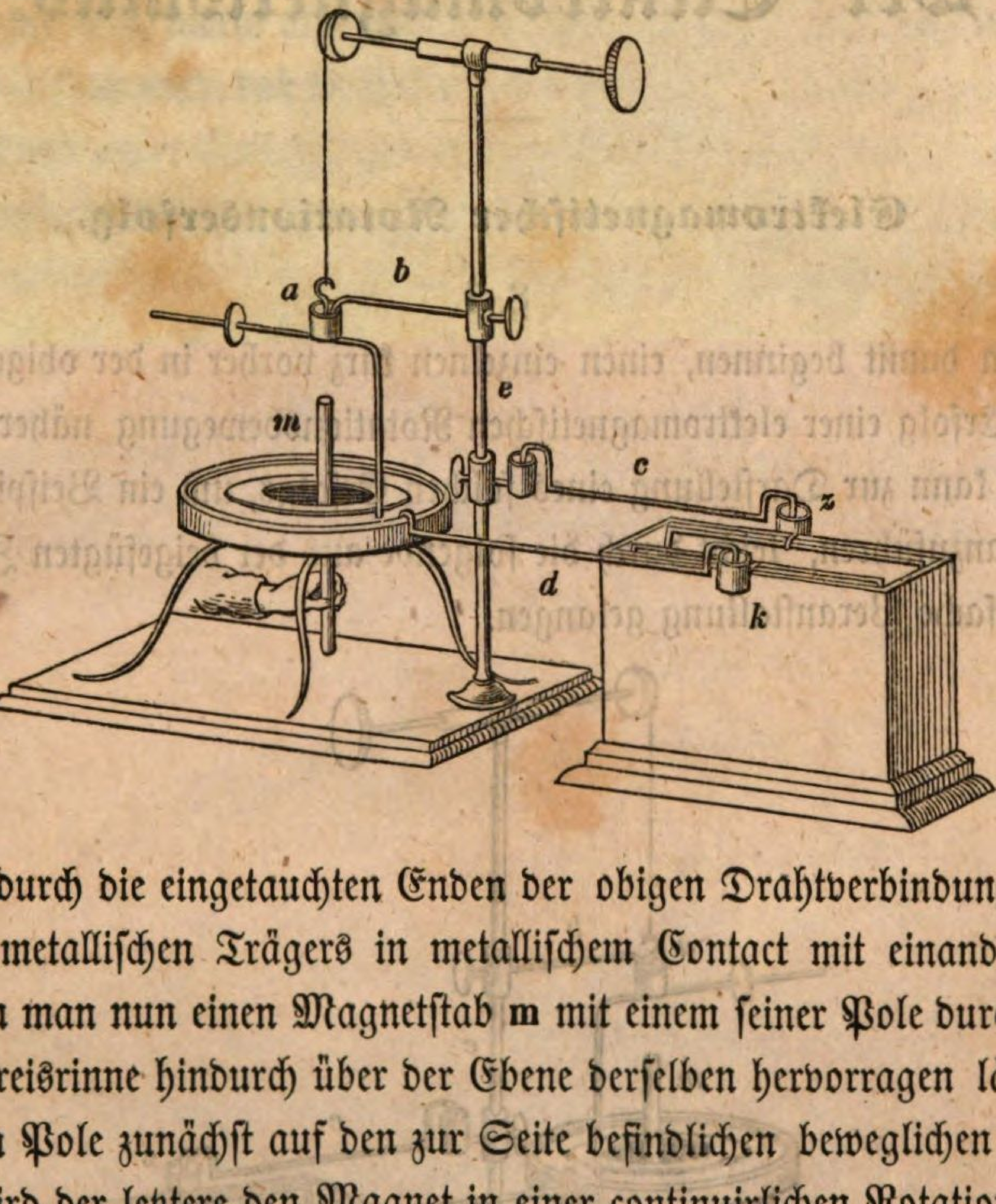
§. 1.

Wir wollen damit beginnen, einen einzelnen kurz vorher in der obigen Einleitung erwähnten Erfolg einer elektromagnetischen Rotationsbewegung näher zu beschreiben. Man kann zur Darstellung eines solchen Erfolgs, um ein Beispiel als Norm statt vieler anzuführen, leicht durch die folgende aus der beigefügten Zeichnung ersichtliche einfache Veranstaltung gelangen.



Ein an einigen Coconfäden aufgehängter Kupferdraht trägt am oberen Theil um den Aufhängepunkt bei a einen kleinen etwas Quecksilber enthaltenden Kupfer-

napf und taucht mit dem unteren Ende in eine kreisförmige, gleichfalls mit Quecksilber angefüllte Rinne. Das Quecksilber des Napfes und der Rinne ist durch eingetauchte Leitungsdrähte **b**, **c**, **d** mit den Polen **k** und **z** einer einfachen galvanischen Kette verbunden und der von den Coconfäden getragene Draht bildet auf diese Weise einen um die Verticalaxe, welche durch den Aufhängepunkt geht, leicht beweglichen Theil des ganzen Umfanges der geschlossenen Kette. Diese letztere besteht am füglichsten aus einem Glasgefäße, welches nächst verdünnter Schwefel- oder Salpetersäure eine Kupfer- und Zinkplatte enthält, die ohne anderweitige gegenseitige Berührung, mittelst angelötheter hervorragender Quecksilbernäpfe bei **k** und



z, lediglich durch die eingetauchten Enden der obigen Drahtverbindung, und den Theil **e** des metallischen Trägers in metallischem Contact mit einander begriffen sind. Wenn man nun einen Magnetstab **m** mit einem seiner Pole durch die offene Mitte der Kreisrinne hindurch über der Ebene derselben hervorragen läßt, so daß er mit diesem Pole zunächst auf den zur Seite befindlichen beweglichen Draht einwirkt, so wird der letztere den Magnet in einer continuirlichen Rotation umkreisen, und die Richtung, in welcher das geschieht, zeigt sich unabänderlich als dieselbe, so lange der wirkende Pol des Magneten und die durch die Verbindung des Drahts mit der Kette bedingte Polarität des letzteren die nämlichen bleiben.

§. 2.

Kehrt man den Magnet um und läßt den entgegengesetzten Pol desselben auf den Draht wirken, oder verbindet man die Leitungsdrähte mit den entgegengesetzten

Polen der Kette, indem man zu diesem Behuf nur das Gefäß, nachdem die Drahtenden einen Augenblick aus den Quecksilbernäpfen der Platten herausgehoben worden, umdrehen darf und sodann die Leitungsdrähte in die verwechselten Schließnäpfe tauchen läßt, so geht auch die Richtung, nach welcher der Draht um die Magnetnadel rotirt, in die entgegengesetzte über. Es kommt hier nicht darauf an, diese Richtung bereits nach ihrer gesetzmäßigen Abhängigkeit von den jedesmaligen Bedingungen zu bestimmen. Vorläufig kann hier bemerkt werden: wenn der Magnetpol bei **m** der Nordpol, und wenn das obere Ende des Drahtes bei **a** durch die Verbindung **b, e, c** zunächst mit der Zinkplatte bei **z**, das untere Ende hingegen durch **d** mit der Kupferplatte bei **k** im Zusammenhange ist: so rotirt der Draht in der Richtung von Ost durch Nord gen West; eben das geschieht, wenn in **m** der Südpol des Magneten wirkt, und die Verbindung der Enden des Drahtes mit der Kette die umgekehrte der obigen ist; wenn hingegen nur die eine oder die andere der beiden eben genannten Bedingungen die entgegengesetzte von der oben angegebenen ist, so wird auch die Rotationsrichtung des Drahtes die entgegengesetzte der obigen sein, er rotirt alsdann nämlich in der Richtung von West durch Nord gen Ost.

Es wird bald weiter unten von dem Erregungszustande des Drahts, aus welchem sein rotatorisches Verhalten gegen den Magnet herrührt, und nach welchem zugleich die jedesmalige Rotationsrichtung mit Sicherheit zu bestimmen ist, die Rede sein; aber die Gründe dieser Bewegung und die Richtung der letzteren seien fürs erste welche sie wollen, so stellt jedenfalls zunächst schon in dem Erfolg an und für sich die ungemein lehrreiche, wichtige Thatsache sich heraus, kraft welcher Möglichkeit und Wirklichkeit einer Centralbewegung, ohne eine primitiv mitwirkende besondere Tangentialkraft, die nach den Newton'schen Vorstellungen sonst unerläßlich dazu erforderlich war, auf das Bestimmteste vorliegen. Hier ist nichts, was als eine einzelne, von außen hinzutretende, stoßende und treibende Seitenkraft des Erfolgs gelten könnte, sondern die Bewegung wird, nachdem einmal der Draht die Erregung des ganzen geschlossenen Kreises der Kette in sich aufgenommen hat, lediglich in Folge der ungetheilten Wechselwirkung zwischen dieser Erregung und derjenigen des Centralmagneten ohne irgend einen anderweitigen besonderen äußeren Impuls vermittelt.

§. 3.

Aus diesem Gesichtspunkte an und für sich allein hätte, wie man glauben sollte, solch ein Erfolg mit dem ersten Augenblicke seiner Constatirung, den Astronomen

und Physikern schon als Fingerzeig zu einer richtigeren Würdigung der kosmischen Rotationen von großer, ja von der höchsten Bedeutung sein müssen. Außer dem Berichterstatter, der schon in seiner ersten veröffentlichten Arbeit über den Elektromagnetismus, bald nach der Entdeckung desselben, den rotatorischen Effect so wie die magneto-elektrischen Wirkungen als wesentlich charakteristische Seiten des neu aufgefundenen Erscheinungsgebietes, lange vorher, ehe sie durch Faraday constatirt waren, mit Bestimmtheit voraus gesagt (Isis, 1822), und der bald darauf auch in einer spätern Arbeit den zu erwartenden Einfluß der neuen Entdeckung auf die wissenschaftliche Begründung der Begriffe von den kosmischen Centralbewegungen angelegentlich hervorgehoben hatte, (Gilberts Annalen, 1823) scheint indeß, so weit wenigstens aus den als bekannt vorliegenden Schriften astronomischen und physikalischen Inhalts das Urtheil des Referenten reicht, an eine solche Beziehung nicht eben angelegentlich, wenigstens nicht ernstlich und gründlich gedacht worden zu sein; denn von mancherlei vagen, hie und da aufgetauchten Uebertragungen solcher Art, nach welchen die Himmelskörper etwa als galvanische, durch elektrische Ströme leuchtende und in Bewegung gesetzte Apparate betrachtet worden sind und anderen dergleichen gänzlich verfehlten Conjecturen mehr kann hier füglich gar nicht die Rede sein.

Die Worte der oben angezogenen Stelle lauten dort: „Das allein schon ist eine Seite der großen Entdeckung, die von überschwenglicher Wichtigkeit ist, daß durch sie eine Form der Naturthätigkeit, die Jahrtausende lang nur in ewig unerreichbarer Ferne an den großen kosmischen Bewegungen angeschaut wurde, ohne verstanden zu werden, jetzt als ein unmittelbarer Gegenstand des Experiments den Naturforschern in die Hand gelegt ist."

§. 4.

Das Hauptmotiv, vermöge dessen jeder Gedanke an irgend eine Aenderung in dem durch die Newtonschen Grundvorstellungen bedingten Lehrgebiete so lange fern blieb, lag in der noch jetzt unglaublich weit verbreiteten Täuschung, nach welcher die Newtonschen Voraussetzungen für unfehlbare, ewige Weltgesetze gelten, weil nach und aus ihnen, wie man zu sagen pflegt, die astronomischen Erscheinungen so sicher und zuverläßig zu berechnen sind. Diese Täuschung, die bei Laien der Wissenschaft zu entschuldigen ist, erscheint dagegen im Vorstellungssystem der Astronomen und Physiker nur als das Werk einer nicht besonnen und redlich zu nennenden Parteilichkeit, für herkömmlich überlieferte und zur Gewohnheit gewordene Meinungen. Denn

es darf kaum erwähnt werden, daß die Natur der Berechnung es mit sich bringe, daß die letztere niemals direct nach dem qualitativen Begriffsinhalt der zu Grunde gelegten Ansicht, sondern immer nur nach Regeln und Formeln vollzogen werde, die zwar jener Ansicht conform gestaltet, aber in ihrer abstracten, auf bloße Quantitätsbestimmung gerichteten Allgemeinheit, ganz verschiedenartige, ja den ursprünglichen Suppositionen völlig entgegengesetzte Einkleidungen und Ansichten, unter denen sie aufgefaßt werden können, verstatten. Es wird also damit, daß die nach solchem Rechnungsschema gewonnenen Resultate mit der Erfahrung übereinstimmen, höchstens nur bestätigt, daß eine von den verschiedenen oder entgegengesetzten an die Formel zu knüpfenden Ansichten der Wirklichkeit entspreche, während die übrigen als bloß mathematisch mögliche aber physikalisch ungültige ausgeschlossen bleiben, und es kann füglich geschehen, daß ein im Fortgange der Zeit weiter gedrungenes Naturverständniß später sich gerade für die entgegengesetzte Ansicht von derjenigen entscheide, an welche der abstracte Calcül sich so lange gehalten, und nach der er seine Formeln ursprünglich gemodelt hatte.

§. 5.

Es kann aber auch in sehr vielen Fällen aus der Brauchbarkeit einer Formel zur Bestimmung empirischer Zahlenwerthe ganz und gar keine Folgerung für die Erfahrungsmäßigkeit irgend einer der an jene Formel möglicher Weise anzuknüpfenden physikalischen Ansichten hergeleitet werden. Schon der Elementarschüler der Mechanik weiß es, daß eine und dieselbe Bewegung unter ganz verschiedenen Bedingungen, unter Antrieben, die an Zahl, Richtung, Stärke und specieller Beschaffenheit gänzlich von einander abweichen, entstehen könne. Jedes einzelne dieser Bedingungssysteme kann die Basis einer consequenten mathematischen Theorie zur Berechnung der betreffenden Bewegung bilden, und so weit nur die jedesmaligen Rechnungsdata im Sinne der zum Grunde liegenden Conjectur bestimmt, auf richtigen Beobachtungen beruhen, wird jede einzelne dieser Theorieen erfahrungsmäßige Resultate liefern, während doch keine einzige derselben mit dem in der concreten Wirklichkeit bestehenden System von Ursachen in reeller Uebereinstimmung begriffen sein darf. Gerade das letztere ist der Fall bei der Newtonschen Theorie der Bewegung der Himmelskörper. Die Uebereinstimmung zwischen der Berechnung und Erfahrung bestätigt nur die mathematische Realität dieser Theorie, d. h. nichts weiter als die abstracte Möglichkeit, nicht aber die physikalische, concrete Wirklichkeit der durch Newton vorausgesetzten Bedingungen. Diese letzteren sind vielmehr

von der Art, da die Newtonsche Theorie einen todten Mechanismus mit getrennten Wirkungen an der Stelle eines wahren, durch lebendige Wechselwirkung bestehenden Organismus voraussetzt, daß eine gründliche Physik sie mit Entschiedenheit verwerfen müßte, selbst wenn keine anderen als Ersatz derselben aufzufinden wären. Wir werden indeß bald weiter unten gewahr werden, daß es solche Bedingungen in den Formen des Auftretens der elektromagnetischen Polarität gebe, die nach ihrer näher ins Auge gefaßten Beschaffenheit für die wissenschaftliche Construction der kosmischen Bewegungen nicht nur als erfahrungsmäßige Thätigkeitsformen an die Stelle der Newtonschen Voraussetzungen zu treten verdienen, sondern die sich vielmehr mit Evidenz an und für sich selbst als die reellen naturgemäßen Bedingungen jener Bewegungen darbieten.

§. 6.

Wir wollen demgemäß in den gleich folgenden Abtheilungen zu der elektromagnetischen Centralbewegung, welche faktisch ganz ohne irgend eine den Newtonschen abstracten Voraussetzungen entsprechende äußerliche Bedingung vor sich geht, zurückkehren, um die wesentlichen Bestimmungen, auf welchen sie beruht, näher kennen zu lernen und dieselben als ein Vorbild zum richtigen Verständniß der kosmischen Bewegungen zu benutzen.

Es wird damit zugleich offenbar werden, wie mangelhaft das Urtheil derer ist, welche meinen, daß mit einer mathematischen Theorie, nach welcher die Naturerscheinungen, wenn auch nicht in ihrem Grunde erkannt, doch mit Sicherheit berechnet werden, schon den Forderungen der Wissenschaft vollständig genügt sei, weil, wie sie zu sagen pflegen, der eigentliche Grund der Erscheinungen doch niemals aufgefunden werden könne. Aeußerungen solcher Art verrathen nur den ungenügenden wissenschaftlichen Standpunkt derjenigen, welche sie vorbringen. Der eigentliche Grund der Erscheinungen ist die von Gott in das Naturleben gelegte Urwirksamkeit, die nicht erst gesucht und aufgefunden, sondern vielmehr als ewig offenbare Thatsache überall vorausgesetzt werden muß. Was aber gesucht und gefunden werden soll, ist lediglich das Verhältniß und der Zusammenhang, in welchem die Erscheinungen zu diesem gemeinsamen Grunde und zu einander stehen, worüber eben die Newtonsche Theorie nicht nur nichts lehrt, sondern von welcher Fundamentalaufgabe der Wissenschaft sie vielmehr von vorn herein sich gänzlich abgewandt hat.

In Copernicus und Keppler war noch die ideale Kraft und Tiefe der Totalauffassung des Naturlebens; Newton dagegen verließ den Pfad der Idee. Statt ein

inneres Lebensprincip in den Erscheinungen anzuerkennen, entseelte er diese vielmehr, indem er sie als mechanische durch äußeren Anstoß erzeugte Bewegungen behandelte. Vermöge der großartigen Einfachheit der Functionen läßt sich die Natur auf diesem, mehr als auf irgend einem anderen Gebiet eine solche Voraussetzung gewissermaßen gefallen; sie läßt sich hier durch den Calcül, wie es in tausend anderen Fällen durch andere Mittel menschlicher Klugheit geschieht, gleichsam lenken und leiten. Eben deshalb sind in der Newtonschen Schule außerordentlich große Vortheile der Wissenschaft für alle Zeiten hervorgegangen. Aber sie sind einseitig; denn eine von der Idee abgeschnittene Empirie bleibt der Wahrheit nicht minder fern, als eine in der Luft schwebende Ideologie, und die Aufgabe der höheren Wissenschaft ist es, nicht durch Klugheit und Geschick die Natur zu besiegen, sondern durch Erkenntniß, die nur in sittlicher Selbstverleugnung besteht, zum innern Verständniß ihres Grundes und seines Zusammenhanges mit dem besonderen der Erscheinung zu gelangen; eine Richtung wie sie z. B. durch Leibnitz, Newtons großen Zeitgenossen, in damaliger Zeit repräsentirt wird.

So lange indeß jemand sein unmittelbar empirisch subjectives Bewußtsein, so wie vor Copernicus die Erde als das unmittelbare Centrum des Planetensystems galt, noch unwillkürlich immer wie einen Mittelpunkt der Erscheinungen in diese hineinträgt und damit von der unverworrenen Auffassung der Objectivität und dem Grunde der Erscheinungen noch so fern bleibt, daß er in dem Nutzen oder in der einseitigen Genugthuung, welche die bloße Berechnung von jenen gewährt, schon alles zu haben vermeint; so lange wird es ihm nicht nur nicht darauf ankommen, sich ernstlich um den Zusammenhang der Erscheinungen mit und in diesem Grunde zu bemühen, sondern er wird selbst jegliche Beziehung darauf verkennen und mißverstehen. Aber nichts desto weniger wird der eigentliche Werth der Physik immer nur auf dem Verständniß der Wahrheit der Erscheinungen, auf der innern Befriedigung und Versöhnung mit ihnen beruhen und die bloß äußerliche Unterwerfung und Beherrschung derselben wird als ein zwar schätzbares, aber doch entschieden untergeordnetes Ziel dem tieferen Bedürfniß des Geistes und der Wissenschaft niemals vollständig genügen.

Momente der Wirkung der galvanischen Kette im Allgemeinen.

§. 7.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß in dem oben (§. 1.2.) angegebenen Erfolg die elektromagnetische Erregung, vermöge welcher der Draht den Magneten umkreist,

mit der chemischen Wirkung der Flüssigkeit auf die beiden Metalle der galvanischen Kette in dem innigsten Zusammenhange stehe. So lange die Kette nicht geschlossen ist, d. h. so lange die Kupfer- und Zinkplatte bloß in die Flüssigkeit eingetaucht sind, ohne unter einander durch den Verbindungsdraht in metallischen Contact gesetzt zu sein, zeigen sie nur eine elektrische Erregung ohne Magnetismus und die Wirkung der Flüssigkeit auf das Metall ist die gewöhnliche chemische. Wenn z. B. die Flüssigkeit aus Wasser mit Schwefelsäure gemischt besteht, so ist nur an der Zinkplatte eine Einwirkung und Veränderung wahrzunehmen, dadurch daß sie oxydirt und an ihr zugleich überall, so weit sie mit der Flüssigkeit in Berührung ist, Wasserstoffgas entbunden wird.

Im Augenblick der Schließung der Kette aber, wenn die Metalle durch den Schließungsdraht in Contact treten, zeigt sich an ihnen, so wie namentlich an diesem Verbindungsdrahte, durch die Wirkung auf eine in hinlänglicher Nähe befindliche Magnetnadel die entschiedenste magnetische Erregung, und zugleich bemerkt man alsdann in dem chemischen Verhalten eine eigenthümliche Aenderung, indem nun nicht bloß am Zink während der Oxydation desselben das Wasserstoffgas erscheint, sondern zugleich eine beträchtliche Quantität desselben an dem Kupfer, welches vor der Schließung der Kette gar keinen sichtbaren Antheil an der chemischen Wirkung hatte, sich entbindet.

Diese letztere Eigenthümlichkeit, welche in kräftigen aus mehreren Gefäßen zusammengesetzten galvanischen Ketten sich leicht bis zu dem Grade steigern läßt, daß die Zinkplatten ohne alle Gasentbindung bloß oxydirt werden, während das Wasserstoffgas lediglich an den Kupferplatten auftritt, bildet die eigentliche charakteristische Seite des galvanischen Processes, von deren richtigen Würdigung auch das Verständniß der übrigen, diesem Proceß zugehörigen Erscheinungen, namentlich der in seinem Gefolge auftretenden magnetischen Erregung, großentheils abhängt. Es würde unangemessen sein, hier in eine umständlichere Erörterung aller oder der meisten dieser Erscheinungsverhältnisse einzugehen, da es hier nur darauf ankommt, den Magnetismus der galvanischen Kette, so weit dies vermöge seiner Beziehung auf die kosmischen Bewegungen nöthig gemacht wird, nach den allgemeinen Grundbestimmungen seiner naturgemäßen Charakteristik kennen zu lernen. Wir müssen uns deshalb auf die folgenden zu diesem Behufe erforderlichen Bemerkungen beschränken, die dazu geeignet und hinreichend sein werden, jener Absicht zu genügen.

§. 8.

Man hat bisher jenes örtlich verschiedene Auftreten der beiden unter dem Gegensatz der Oxydation und Desoxydation erscheinenden chemischen Thätigkeitsrichtungen in der galvanischen Kette, namentlich des Sauerstoffs auf der einen, des Wasserstoffs auf der andern Seite und die Energie der im Sinne dieser Thätigkeitsrichtungen geäußerten Wirkungen als eine Folge der Elektricität zu fassen gesucht, welche entweder bereits vor der Schließung der Kette in den noch getrennten Gliedern derselben als positiv und negativ elektrische Erregung faktisch vorhanden ist, oder die nach der Annahme der neueren sogenannten chemischen Theorie während des Geschlossenseins der Kette aus dem Chemismus sich erst noch besonders entwickeln soll, und die, wie man gemeint hat, durch den geschlossenen Kreis der Kette in entgegengesetzter Strömung begriffen, diese fraglichen Wirkungen hervorbringt; auf eine Weise freilich, die in den hauptsächlichsten Beziehungen eben so unentschieden als dabei zugleich dieses elektrische Grundagens seinem Wesen nach selbst im höchsten Grade räthselhaft und unbegreiflich geblieben ist.

Diesen Vorstellungen gemäß ist denn auch die magnetische Erregung der geschlossenen Kette als das Ergebniß der elektrischen Strömung in ihr, oder, wie es meistens ausgedrückt worden ist, als die unmittelbare elektrodynamische Aeußerung der elektrischen Ströme selbst angesehen worden, dergestalt, daß die von dem Magnetismus der Kette abhängigen Anziehungs- und Abstoßungseffecte nicht sowohl als eigentlich magnetische Wirkungen, sondern vielmehr nur als Folgen der Uebereinstimmigkeit oder Verschiedenheit in der Richtung dieser anziehend oder abstoßend auf einander wirkenden elektrischen Ströme dargestellt worden sind.

Endlich ist man, um der erforderlichen Consequenz der Hypothese ihr Recht wiederfahren zu lassen, auch genöthiget gewesen, in jedem gewöhnlichen Stahlmagnet eben solche, unabläßig in ihm kreisende elektrische Ströme anzunehmen und seine Wirkungen lediglich als die nach derselben räthselhaften Gesetzlichkeit stattfindenden Aeußerungen dieser Ströme zu betrachten.

§. 9.

Es wird späteren Nachkommen schwer fallen, sich eine deutliche Ansicht darüber zu bilden, wie bei dem gegenwärtigen Stadium der allgemeinen wissenschaftlichen Cultur, in Deutschland, dem Lande der Gedankentiefe, ein solcher, mit allem darin verwebten Scharfsinn dennoch der Natur vollkommen fremd gegenüberstehender Formalismus eine geraume Zeit hindurch habe Geltung gewinnen können. Denn

dieses Gewirre von Unbegreiflichkeiten und unerhörten Annahmen wird auf die einfachste und natürlichste Weise beseitigt, wenn man von vornherein die entgegengesetzten Thätigkeitsrichtungen des Chemismus als wirkliche, in seiner Natur gegründete Polarwirkungen ansieht, die ihm ebensowohl und in noch höherem Grade zukommen, als der elektrischen und magnetischen Erregung, welche an sich nichts als nur modificirte Aeußerungsweisen der chemischen Thätigkeit selbst sind, jene ihnen eigenthümlichen Polareffecte angehören. Es ist so weit gefehlt, daß der Chemismus, wenn er sich in der Form des galvanischen Processes darstellt, seine Polarität durch die Elektricität empfange, daß im Gegentheil die letztere, wo und in welcher Gestalt sie auch erscheinen möge, weil sie an und für sich überall nichts als eine Modification der chemischen Thätigkeit ist, ihre Polarität vielmehr lediglich nur der tiefer begründeten Polarität des Chemismus zu verdanken hat.

§. 10.

Diese Polarität ist bereits in dem einfachen Erfolg eines jeden gewöhnlichen chemischen Processes mehr oder minder deutlich ausgesprochen. Wenn z. B. Zink in schwefelsäuriges Wasser eingetaucht ist, so wird mit jedem Punkte auf der Oberfläche des Metalls, welcher oxydirt wird, in einer Anzahl von Punkten seiner nächsten Umgebung durch polare Reaction die entgegengesetzte Thätigkeitsrichtung, als Tendenz zur Desoxydation und damit das Auftreten des Wasserstoffs gegen diese Punkte hervorgerufen, die alle wiederum in jenem anfänglichen so wie in einer Anzahl um sie herum vertheilt liegender Punkte den polaren Gegeneffect der Oxydation bedingen, und so weiter fort, wie die folgende Figur als Versinnlichungsschema dafür dienen kann, wenn etwa nach einem sehr vergrößerten Maßstabe durch die kleineren Kreise die Oxydations- und durch die mit Punkten bezeichneten Gegenden die Desoxydationsstellen oder diejenigen, über welchen der Wasserstoff sich entbindet, geandeutet werden.

Die Oxydation ist also nicht ohne Unterschied über alle Punkte der von der Flüssigkeit angegriffenen Oberfläche des Metalls verbreitet und eben so wenig entbindet sich der Wasserstoff über allen Punkten derselben, wenn es gleich wegen der großen Nähe und sehr geringen Flächengröße der verschiedenen Stellen so erscheint; sondern indem auf irgend einem Punkte die Oxydation eindringt, bleibt dagegen jeder Zeit eine größere oder kleinere Zahl der rings um ihn her liegenden Punkte durch den polaren Gegeneffect des Auftretens des Wasserstoffs gegen die Oxydation geschützt, wie es auch der Anblick der zahllosen Erhöhungen und Vertiefungen auf der einer Feile ähnlichen Oberfläche des Metalls, wenn es der Einwirkung der Flüssigkeit lange genug ausgesetzt war, darthut.

Wenn zwei Körper so auf einander wirken, daß bei jedem von ihnen, während ein Theil desselben die Einwirkung erleidet, ein anderer verhältnißmäßiger Theil stets gegen die Einwirkung geschützt bleibt, so können diese Körper nur in bestimmten festen Verhältnissen auf einander wirken und sich einigen. Die Proportionalitätserfolge der chemischen Wirkungen stellen sich daher durch die chemische Polaritätstheorie schon auf erster Begründungsstufe wie von selbst als nothwendige einfache Bestimmungen in der Gesetzlichkeit der Erscheinungen dar.

§. 11.

Jene im gemeinen chemischen Proceß herrschende durch einander greifende Vertheilung der beiden Polareffecte über eine und dieselbe Fläche hört aber auf und die Punkte, in welchen die entgegengesetzten Wirkungen nach der einen und der andern Thätigkeitsrichtung vollzogen werden, rücken aus der unmittelbaren Nähe zu verschiedenen Seiten und auf verschiedenen Stellen der Metallfläche weiter auseinander, sobald in der letzteren ein Gegensatz vorwaltet, nach welchem die eine dieser Seiten des Metalls für den einen, die andere für den andern Polareffect eine überwiegende Empfänglichkeit besitzt. Die desfallsige Trennung ist um so entschiedener, je bestimmter jener Gegensatz in den betreffenden Stellen der Metallfläche vorhanden ist; sie tritt aber, wenn auch nur partiell, selbst schon bei sehr geringen Unterschieden der Dispositionsfähigkeit des Metalls an den verschiedenen Stellen ein und so oft dies geschieht, erlangt der Proceß lediglich damit, daß nunmehr die beiden Polareffecte nach zwei entgegengesetzten örtlich verschiedenen Richtungen sich äußern, jedesmal den bestimmten ausschließlichen Character des galvanischen Processes. Wenn z. B. das eine Ende eines in die Flüssigkeit eingetauchten Zinkstreifens rauh, das andere Extrem aber glänzend polirt ist, so wird jenes bei weitem stärker, dieses hingegen, über welchem sich mehr Wasserstoff entbindet,

in viel geringerem Grade von der Oxydation angegriffen und den Beweis, daß diese Verschiedenheit nicht bloß äußerlich sei und der Zufälligkeit angehöre, sondern daß das Ganze eine galvanische Kette mit innerem Polarzusammenhange der Wirkung bilde, liefert eine empfindliche Magnetnadel durch die Ablenkung, welche sie über dem Zinkstreifen vermöge der während des Processes in ihm herrschenden magnetischen Erregung erleidet. Eben so wird auch schon durch einen einfachen Streifen Zinkblech ohne alle weitere Verschiedenheit in der Beschaffenheit seiner Oberfläche, lediglich durch den Unterschied der Flächengröße seiner beiden Enden eine galvanische Kette verwirklicht, wenn das eine Extrem in eine schmale Spitze auslaufend, das andere mit einer breiten Fläche in die Flüssigkeit eintaucht; indem das Uebergewicht der Oxydation auf die breite Fläche, die stärkere Gasentbindung mit dem Maximum des Desoxydationseffectes dagegen der Spitze anheim fällt.

§. 12.

Es ist also keineswegs eine wesentliche Bedingung zur Darstellung einer galvanischen Kette, daß dazu außer der Flüssigkeit zwei verschiedene Metalle erfordert werden. Der galvanische Prozeß, seinem Grunde nach eins mit dem chemischen, und durch keine andern als nur äußerliche modificirende Bedingungen von ihm verschieden, erheischt, so wie dieser, nicht mehr als zwei Factoren, welche meistens aus einem Metall und einer Flüssigkeit bestehen, von denen jedoch mindestens der eine Factor, gewöhnlich das Metall, an zwei verschiedenen Stellen von solcher differenten Beschaffenheit sein muß, um das Uebergewicht in dem Hervortreten der beiden Polareffecte auch nach örtlich entgegengesetzten Richtungen und eben damit diejenige Form des Processes, durch welche dieser einzig und allein ein galvanischer wird, zu bewirken. So sind in der gewöhnlichen Zink-Kupfer-Kette die beiden durch den Contact oder den Schließungsdraht zu einem metallischen Continuum verbundenen Metalle nur die differenten Seiten dieses einen Metallcontinuums, entsprechend der rauhen und polirten, oder der breiten und schmalen Seite der obigen Zinkketten. Der Unterschied besteht nur darin, daß bei der Zink-Kupfer-Kette der Gegensatz der Oxydabilität der beiden Seiten viel größer, daher auch die Trennung der beiden Polareffecte und der galvanische Charakter bei weitem entschiedener, die Wirkungen ungleich kräftiger als in jenen Ketten sind. Freilich würde aus der bloßen äußerlichen Differenz der beiden Seiten des Metallfactors der galvanische Charakter und die Energie der Wirkungen nicht zu erklären sein, wenn die Polarität vermöge einer tief begründeten allgemein herrschenden Gesetz-

lichkeit nicht in der Natur der chemischen Wirkung selbst läge und von vorn herein in ihr auf lebendige Weise enthalten wäre. Aber eben diese Grundbedingung ist es deshalb auch, die zum Ausgangspunkt der Erklärung aller hierher gehörigen Erscheinungen gemacht und als das erste und eigentlichste Princip derselben betrachtet werden muß. Weil diejenigen, die sich bisher mit theoretischen Untersuchungen über den Galvanismus beschäftigt haben, nicht bis zu diesem Centrum der Phänomenologie vorgeschritten sind, so haben sie den Grund der Erscheinungen stets in etwas anderm gesucht, sie haben ihn fälschlich immer nur in eine bloße Seitenbestimmung, in die Electricität verlegt, und sie sind mit ihren Formaltheorieen der electrischen Strömung fort und fort in einem unklaren Strudel umher getrieben worden, ohne je einen sichern Halt zu finden, der eine gründliche und befriedigende Auffassung weder der Electricität selbst, noch irgend einer der übrigen Erscheinungen, welche durch sie erklärt werden sollen, gestattet hätte.

§. 13.

Es giebt keinen sogenannten electrischen Strom und keine Fortleitung der Electricität in dem Sinne, wie sie so lange den Erscheinungen gewöhnlich und fälschlich unterlegt worden sind. Was in der Wirkung der geschlossenen Kette so bezeichnet wird, ist thatsächlich und wirklich nichts als der chemische Effect nach seiner ihm eigenthümlichen Polaritätsäußerung und die in seiner Begleitung auftretende magnetische Erregung; welche beide Thätigkeiten zwar mit der Electricität enge verbunden, aber darum doch eben so wenig noch als electrische Wirkungen zu fassen und zu bezeichnen sind, als z. B. die grüne Farbe, deshalb weil sie als reactionäre Complementärfarbe unmittelbar an die rothe geknüpft ist, nicht grün sondern ebenfalls noch roth heißen dürfte. Das Detail des in seinen beweglichen Beziehungen und Uebergängen zum Chemismus sehr mannigfachen aber dennoch ganz consequenten und leicht verständlichen Systems der electrischen Erscheinungen, an der Electrisirmaschine wie an der galvanischen Kette, gestattet hier keine Auseinandersetzung; aber es muß sowohl an diesem Orte wie überall, wo es auf exacte Begriffsbestimmung und sichere Begründung ankommt, der Wahrheit vindicirt bleiben, daß Electricität und Magnetismus durchaus verschiedene, gradehin entgegengesetzte Thätigkeitszustände darstellen, und es ist zu wünschen, daß die seit der Oerstedschen Entdeckung unter dem allgemeinen Gebrauch der Kategorie des **courant électrique** in Gang gekommene Einerleiheitslehre derselben bald zu den Mißgriffen einer verfehlten Auffassungsweise gezählt werden möge, die mit einer

umsichtigen und gründlichen Behandlung der Wissenschenschaft unverträglich ist. Beide, die Electricität, wie der Magnetismus, haben ihre gemeinsame Wurzel im Chemismus; aber eben dieses Moment, worin sie eins, jedoch keineswegs einerlei sind, hält sie, indem es sie verknüpft, auch auf die entschiedenste Weise auseinander, wie es sogleich in den Bestimmungen der beiden nächst folgenden Paragraphen einfach und vernehmlich auseinander gesetzt wird.

Es ist mit den Anfangsworten des § phen keineswegs behauptet, daß solche Ermittelungen, welche in der Sprache der gewöhnlichen physikalischen Ansichten auf Stärke und anderweitige quantitative Verhältnisse des sogenannten elektrischen Stroms sich beziehen, an und für sich nichtig seien. Es sind im Gegentheil darin schätzbare und wichtige Bestimmungen zu Tage gefördert; aber es sind Quantitätsbestimmungen, welche allein die Verhältnisse des magnetischen Erregungszustandes der geschlossenen Kette betreffen und die fälschlich und im Widerstreite mit einer angemessenen Auffassung der wesentlichen physikalischen Eigenthümlichkeit der Erscheinungen als Zustände eines elektrischen Stroms bezeichnet werden, der in der geschlossenen Kette nicht nur nicht existirt, sondern an dessen Stelle vielmehr eine der Elektricität geradehin entgegengesetzte Thätigkeitsrichtung in ihr herrschend ist.

§. 14.

Die Elektricität gehört lediglich der ungeschlossenen Kette diesseits, der Magnetismus dagegen gehört der geschlossenen Kette jenseits des Beginns ihrer chemischen Wirkung an. Es spricht sich in der Elektricität nur die Erregung zur chemisch galvanischen Thätigkeit aus, sie ist nichts als die unter den geeigneten Umständen erwachte Tendenz der Masse zu dieser Thätigkeit und sie erlischt als solche in demselben Moment, mit welchem sie, wenn die Energie der Erregung und die sonstige Beschaffenheit der Bedingungen dazu führen, in den eigentlichen chemisch-galvanischen Effect übergeht; sei dies unter Mitwirkung der Luft in Gestalt des elektrischen Funkens, der ein zwar unvollkommener und nur momentaner aber entschiedener Verbrennungsproceß ist, oder sei es unter Mitwirkung der Flüssigkeit in der Gestalt des vollständigeren und dauernden Erfolgs der eigentlichen galvanischen Kette. Schon der elektrische Funke sollte daher eigentlich, als ein Erfolg der vielmehr dem Chemismus als der Elektricität angehört, nicht so schlechthin mehr als ein bloß elektrisches Phänomen bezeichnet werden, wiewohl hierin, wie in der Anwendung des Wortes Elektromagnetismus dem Sprachgebrauche nachzugeben ist, weil die Ausdrücke so zu fassen sind, daß sie nur die nahe Beziehung der betreffenden Erscheinungen zur Elektricität und die enge Verwandtschaft mit ihr andeuten.

Aber entschieden unrichtig ist es, wenn diese Erscheinungen und namentlich der Magnetismus, ihrem wesentlichen Gehalt nach selbst noch als Elektricität gesetzt und mit der Elektricität dergestalt confundirt werden, daß man sie, namentlich den Magnetismus, als Wirkungen einer während der Schließung der Kette noch fortbestehenden, in Strömung begriffenen Elektricität ansieht. Die Elektricität, als Tendenz zum Chemismus, erstreckt sich in ihrem Auftreten an der Masse nicht weiter, als die Wirkung des Chemismus selbst in jedem einzelnen Zeitmoment zu dringen vermag; sie ist lediglich eine Flächenwirkung der Masse und erscheint, stets nach Außen gerichtet, immer nur auf der Oberfläche der Masse; sie gehört eben damit auch nur den Extremen der geöffneten nicht der ganzen geschlossenen Kette an.

§. 15.

Der Magnetismus dagegen ist dem Inneren der Masse angehörig. Er erscheint mit dem beginnenden Chemismus und mit dem gleichzeitigen Erlöschen der Elektricität, gerade im entschiedenen Gegensatze der letzteren, als die nunmehr im Innern der Masse durchgehends erwachte Reaction gegen die auf der Oberfläche beginnende und fortdauernde Wirkung des Chemismus. So lange die Kette vollkommen geschlossen ist, läßt es die mit der Continuität der inneren Reaction gleichmäßig bedingte Continuität des chemischen Effectes auf der Oberfläche der Masse zu keiner eigentlichen elektrischen Erregung derselben mehr kommen. Der Ausspruch: „die Kette ist vollkommen geschlossen“ heißt eben nichts anders, als: „die Elektricität ist der Erscheinung und Wirkung nach von der Kette vollkommen ausgeschlossen.“ Der wesentliche Gehalt der Wirkung der geschlossenen Kette besteht lediglich in dem chemischen Effect an der Oberfläche der Flüssigkeit und des Metalls und in der gegen ihn streitenden aber eben damit auch seinen Reiz und seine Thätigkeit nährenden und erhöhenden magnetischen Reaction im Innern der Masse, vorzugsweise des Metalls. Nur in der unvollkommenen, partiell geschlossenen oder plötzlich geöffneten Kette tritt der Drang der verzögerten oder unterbrochenen chemischen Wirkung in dem gesteigerten Effect des elektrischen Funkens oder der elektrischen Erregung wiederum plötzlich hervor und er verschwindet mit der vollkommenen Schließung abermals, um allein dem chemischen Effect und seiner stetigen Reaction, dem Magnetismus, das Feld der Wirkung zu überlassen.

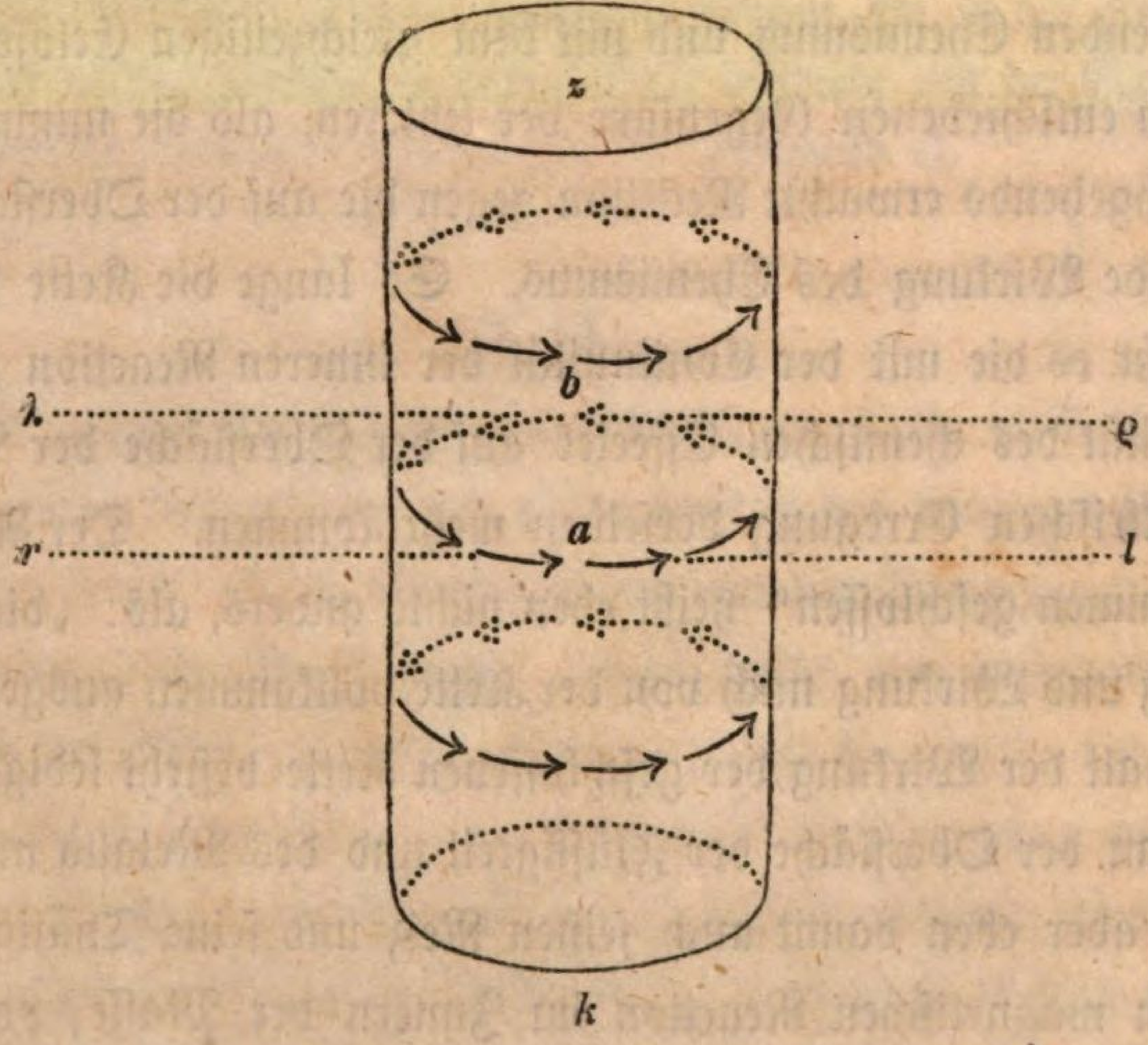
Diese Reaction des chemisch galvanischen Effectes, namentlich in ihrer normalen Gestalt als Elektromagnetismus, müssen wir nun, zugleich mit den daraus hervorgehenden Bewegungen, unserem Hauptzwecke gemäß, ganz besonders noch einer genauern,

diese Form näher bestimmenden Betrachtung, unterwerfen, welche demnach den Inhalt der nächstfolgenden Abtheilung dieser Schrift ausmacht.

Die elektromagnetische Circularpolarität insbesondere und aus ihr hervorgehende Bewegungen.

§. 16.

Es sei in nachstehender Figur zk ein Theil des Schließungsdrahtes oder irgend ein Theil des Umfangs der geschlossenen Kette, überhaupt eine Masse, gegen deren Extreme die beiden Polareffecte des galvanisch-chemischen Processes in Wirksamkeit getreten sind.



z sei das Ende gegen welches der Oxydationseffect, k dasjenige, gegen welches der Desoxydationseffect gerichtet ist; also in der Zink-Kupferkette jenes mit dem Zink, dieses mit dem Kupfer zunächst in Verbindung stehend. Jenes heiße, wie es hier und in der Folge kurz bezeichnet werden möge, das Zinkende, dieses das Kupferende.

Die in der ganzen Masse zk mit dem chemischen Effect gleichzeitig erregte Reaction wird in jedem einzelnen Punkte dieser Masse mit dem Bestreben verbunden sein, diesem Effekte sich zu entziehen, ihm zu entfliehen. Die Antriebsrichtung, nach

welcher diese Bewegungstendenz sich äußert, kann nur eine solche transversal gehaltene sein, welche dem Streben, jedem einzelnen der beiden entgegengesetzten Polareffecte gleichmäßig auszuweichen, entspricht, d. h. sie kann nur senkrecht gegen die Verbindungslinie der Extreme oder gegen die Axe von zk sein und sie wird dem gemäß in verschiedenen Momenten nach der einen und nach der andern Seite hin, nach rechts und nach links sich äußern, je nachdem sie sich auf den einen oder den andern der beiden Polareffecte bezieht. Der Punkt a z. B. wird sich mit der Tendenz, dem Andrange des Oxydationseffectes in z auszuweichen, in der tangentialen Richtung des Pfeils von a nach l hin zu bewegen trachten, wenn er, um in einem andern Momente dem Desoxydationseffecte in k auszuweichen, in der entgegengesetzten Richtung von a nach r zu angetrieben wird. Eben das gilt also auch für alle übrigen diesseits der Axe liegenden Puncte der Masse zk. Die seitwärts und jenseits der Axe liegenden Massenpuncte werden begreiflich nach den respectiven diesen entsprechenden Tangentialrichtungen angetrieben, so daß an je zwei diametral entgegengesetzten Punkten die auf gleichartige Polareffecte sich beziehenden Antriebe nach entgegengesetzten Seiten hin stattfinden. Der jenseits der Axe dem Punct a diametral gegenüber liegende Punct b der Masse wird z. B. im Sinne des bei a nach l hin erfolgenden Antriebes nach λ hin sollicitirt und eben so wird er in dem Sinne, worin a nach r hin zu fliehen trachtet, nach ϱ hin angetrieben werden.

Die chemischen Polareffecte wirken, wenn auch continuirlich und gleichzeitig, doch nothwendig wenigstens nicht in jedem einzelnen kleinen Zeitmoment beide mit gleicher Stärke, sondern dem Maximum des einen Effects entspricht nach der Analogie aller Oscillationsthätigkeit ein gleichzeitiges Minimum des andern. Der Verlauf beider ist ein Pulsiren, ein mit ungemein großer Geschwindigkeit erfolgendes Alterniren ihrer Maxima und Minima und diesem gemäß wird also auch das reagirende Verhalten der Masse nach obigem in einer mit der nämlichen Geschwindigkeit in allen ihren Punkten vollzogenen schwingenden Bewegung bestehen müssen. Diese Schwingungen oder Schwingungsantriebe, da sie ringsum im Kreise bei jeder einzelnen der beiden Polarthätigkeiten in gleichem Sinne, nämlich an je zwei diametral gegenüber liegenden Massenpunkten nach entgegengesetzten Richtungen, erfolgen, müssen demnach drehende oder rotatorische, auf kreisende wirbelförmige Bewegung gerichtete Impulse sein, sämmtlich in Ebenen vollführt, die auf der durch die chemischen Angriffspuncte in z und k bestimmten Axe senkrecht und mithin alle unter einander parallel sind.

§. 17.

Wenn auf diese Weise vermöge der Stärke der chemischen Polareffecte die Massentheile zu solchen Schwingungen angetrieben werden, deren Umfangsweite die äußersten Gränzen des Gleichgewichts der Cohäsion überschreitet, so ist die Folge davon die Zertrümmerung oder Zerstiebung, welcher, der Erfahrung gemäß, die Masse unter der Heftigkeit der Wirkung häufig erliegt. Auch die öfter beobachtete regelmäßige Lagerung der verstreuten Trümmer in concentrischen Kreisen rings um die zerstörte Masse, namentlich bei Bäumen, welche unter Blitzschlägen nicht selten in unzähligen kreisförmig vertheilten Partikeln zerstieben, erklärt sich ganz einfach aus der Annahme solcher rotatorischen Schwingungsantriebe.

Da der Chemismus in der Energie der chemischen Umgestaltung der Masse eine unendlich wirksamere Potenz ist, als die mächtigste äußere Bewegung, so ist begreiflich, wie die als Reaction des Chemismus hervorgerufenen Schwingungsbewegungen ein Kraftmoment entwickeln können, dem die stärkste Cohäsion der Masse nicht Widerstand zu leisten vermag. Ja es kann angenommen werden, daß in jedem Falle, selbst bei der leisesten Einwirkung der chemischen Thätigkeit die Energie der mit jener Einwirkung erregten Schwingungsantriebe dennoch so groß ist, daß sie an und für sich dazu ausreichte, den Zusammenhang der Masse, gleich viel ob diese mehr oder minder cohärent, fest oder flüssig ist, unter allen Umständen aufzuheben, wenn nicht allein theils in Folge der geringeren Schwingungsweite, theils wegen der außerordentlich großen Geschwindigkeit, mit welcher die Schwingungsantriebe nach entgegengesetzten Seiten mit einander wechseln, dies unterbliebe, indem die gewissermaßen mit jedem einzelnen Schwingungsantrieb beginnende Zerreißung durch den nächstfolgenden nach entgegengesetzter Richtung eintretenden Antrieb nur immer wieder schnell genug beseitigt und aufgehoben wird.

§. 18.

In allen den Fällen nun, in welchen solchergestalt die schwingende oder in Schwingungsantrieben begriffene Masse in ihrer Integrität beharrt, erscheinen die entgegengesetzten Antriebe oder die ihnen entsprechenden Thätigkeitstendenzen, vermöge ihrer außerordentlich schnellen Aufeinanderfolge als stetige, nach rechts und links gerichtete entgegengesetzte Zustände, nämlich als die entgegengesetzten Polaräußerungen des Magnetismus.

Die Lage dieser Polaritäten, wenn sie auf die Endigungen **z** und **k** in dem oben bestimmten Sinne (§. 16) bezogen werden, ist so, daß die Nordpolarität (d. h. die

mit der Polarität des Nordpols eines gewöhnlichen Stahlmagneten oder die mit der Polarität des nach Norden sich wendenden Pols einer Magnetnadel übereinstimmige Polarität) stets in der Richtung von a nach l oder von b nach λ u. s. w. im Sinne der Pfeilspitzen der Figur- die Südpolarität gerade entgegengesetzt nach r oder ϱ hingerichtet, hervortritt, dergestalt, daß wenn man sich selbst in die Axe der Masse zk in Gedanken versetzt, mit den Füßen an dem Kupferende k, mit dem Kopf am Zinkende z, während das Gesicht stets nach der Außenfläche hingerichtet bleibt, alsdann überall, von allen Puncten der Masse aus, rings nach der Linken herum die Nordpolarität, und nach der Rechten herum die Südpolarität sich manifestirt. Dies kann auch so ausgedrückt werden, daß jeder Punkt der Masse, nach der Linken hin, die Richtungen nach der eben angegebenen Regel bestimmt, sich wie ein Nordpol, nach der Rechten hin wie ein Südpol verhält und weil also die eine Polarität in der einen, die andere in der entgegengesetzten Richtung im Kreise rings herum wirksam auftritt, so ist diese charakteristische Form der Polarität, wie sie dem Elektromagnetismus in seinem bestimmten Unterschiede vom gewöhnlichen Stahlmagnetismus zukommt, auch bereits längst durch den Namen der Circularpolarität vom Verfasser bezeichnet worden.

Es kann die Frage aufgeworfen werden, warum, wenn der Magnetismus eine dem Chemismus stets zur Seite gehende Modification des letztern ist, im gewöhnlichen chemischen Proceß kein Magnetismus wahrgenommen werde. Indeß zeigt schon ein Blick auf die Figur in §. 10 daß der gewöhnliche chemische Prozeß ein System unzähliger einfacher galvanischer Ketten bilde, von denen jede einzelne ohne Zweifel auch nach den obigen Gesetzen magnetisch polare Regung in sich haben wird, deren Wahrnehmung aber unmöglich ist, weil vermöge der verschiedenen und entgegengesetzten Richtung der Polaritätsaxen der Effect durch gegenseitige Aufhebung nach außen hin verschwindet. Es kann also, obgleich keine chemische Wirkung ohne reactionäre magnetische Thätigkeit denkbar ist, der Magnetismus nach außen hin nur in soweit, als der Proceß ganz oder zum Theil in der Form des galvanischen vollzogen wird, dabei wahrnehmbar werden.

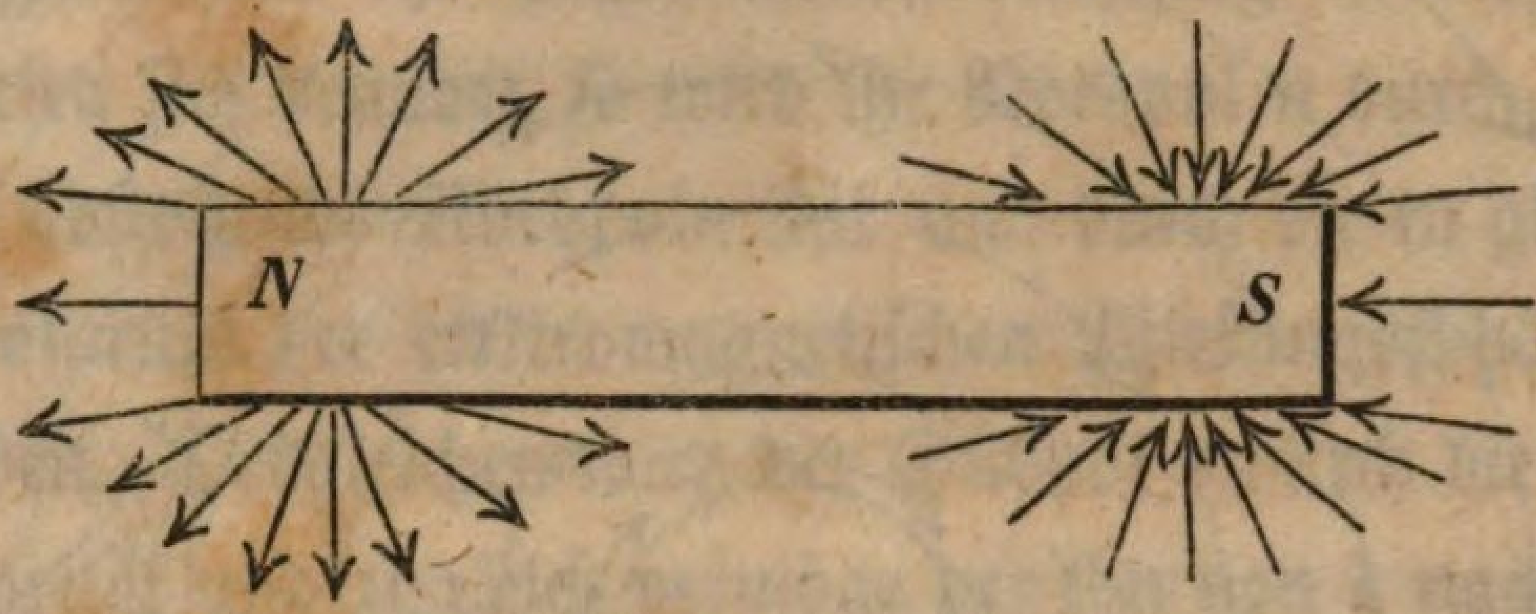
Anders verhält es sich dagegen beim gewöhnlichen chemischen Proceß mit der Elektricität. Diese erscheint vielmehr, gerade umgekehrt, in sofern der Proceß kein eigentlicher, in einem einigen Kreise abgeschlossener galvanischer Proceß ist, als Ausdruck des Strebens nach dieser Thätigkeitsform, nicht nur während des Processes, sondern auch wie bei der geöffneten galvanischen Kette noch einige Zeit nach demselben. Aus dieser Ursache sind selbst Aenderungen von Aggregat- und krystallinischen Zuständen, deren Bestehen durch chemische, oder der chemischen nahe verwandte Thätigkeit bedingt ist, mit elektrischen Nachklängen verbunden, obwohl es ganz verfehlt

ist, wenn deshalb jene Zustände selbst als Wirkungen der Elektricität betrachtet werden. Dahin gehört insbesondere die starke bei der Condensation von Wasserdämpfen sich zeigende Elektricität, welche, analog der Elektricität des aus dem geschmolzenen in den festen Zustand zurücktretenden Schwefels, Zuckers u. s. w. nach einer klaren Gesetzlichkeit auftritt und die namentlich von Faraday, dem diese Beziehung, so wie die eigentliche Beziehung der Elektricität zum chemischen Proceß überhaupt, nicht vor Augen lagen, unrichtig beurtheilt worden ist. Die Auseinandersetzung der elektrischen Phänomenologie, die wie schon §. 13 bemerkt worden, nicht hieher gehört, bei der aber besonders der Umstand von großer Wichtigkeit ist, daß in der Maschinenelektricität Glas und Reibzeug, jedes einzeln für sich, ganz eben so wie jedes Glied der galvanischen Kette und wie jeder Factor eines chemischen Processes, nicht nach der bisherigen Annahme nur eine, sondern zwei polarisch entgegengesetzte Thätigkeitsrichtungen befolgen, behält sich der Verfasser für eine andere Gelegenheit vor.

§. 19.

Der gewöhnliche Magnetismus des Eisens und Stahls kann, der Grundbedeutung nach, nicht anders aufgefaßt werden, als der Elektromagnetismus. Er muß gleichfalls als eine gegen den Chemismus gerichtete Thätigkeitsäußerung angesehen werden; jedoch als eine Reaction, die nicht gegen einen bestimmten, mit gesonderten Polareffecten auf zwei verschiedenen Seiten des Metalls galvanisch wirkenden, sondern gegen den universellen, das Metall im Allgemeinen unter unbestimmt vielen Richtungen afficirenden oder bedrohenden Chemismus gerichtet ist. Es spricht sich in dieser Reaction andererseits aber auch die besondere Regung aus, mit der das Eisen, seiner specifischen Natur gemäß, in der Mitte zwischen den edlen Metallen auf einer Seite, die einer solchen Reaction noch nicht fähig, und den unedlen andererseits, welche meistens schon entschieden darüber hinaus sind, als Centralrepräsentant der ganzen Metallreihe, gegen den Chemismus gekehrt erscheint, indem es dessen Einwirkung von sich abzuhalten oder ihr sich zu entziehen strebt. Dies geschieht, wie es nothwendiger Weise nicht anders sein kann, abermals unter dem polaren Gegensatz, vermöge dessen in der Erregung des Nord- und Südpols respective die Tendenz gegen den Oxydations- und Desoxydationseffect hervortritt. Aber diese Reaction ist hier eine ganz anders gestaltete, indem sie nicht die Massenpunkte des Metalls gleichmäßig, sondern nur in der bekannten Form der Longitudinal-Polarität, die eine Hälfte der Masse überwiegend für die eine, die andere für die entgegengesetzte Thätigkeitsäußerung in Anspruch nimmt. Sofern der bestimmtere Begriff dieser Reaction ebenfalls, wie es beim Elektromagnetismus geschieht, auf die Form der Schwingungen oder Schwingungsantriebe zurückführt, müssen diese

von denen des Elektromagnetismus auf eine ähnliche Weise, wie die Schwingungen des gewöhnlichen Lichts von denen des polarisirten verschieden gedacht werden. Während die Antriebe beim Elektromagnetismus immer nur in Ebenen gleicher Lage und nur nach zwei bestimmten entgegengesetzten Richtungen erfolgen, finden sie beim gemeinen Magnetismus in Ebenen ganz verschiedener Lage und unter unzählig verschiedenen Richtungen statt.

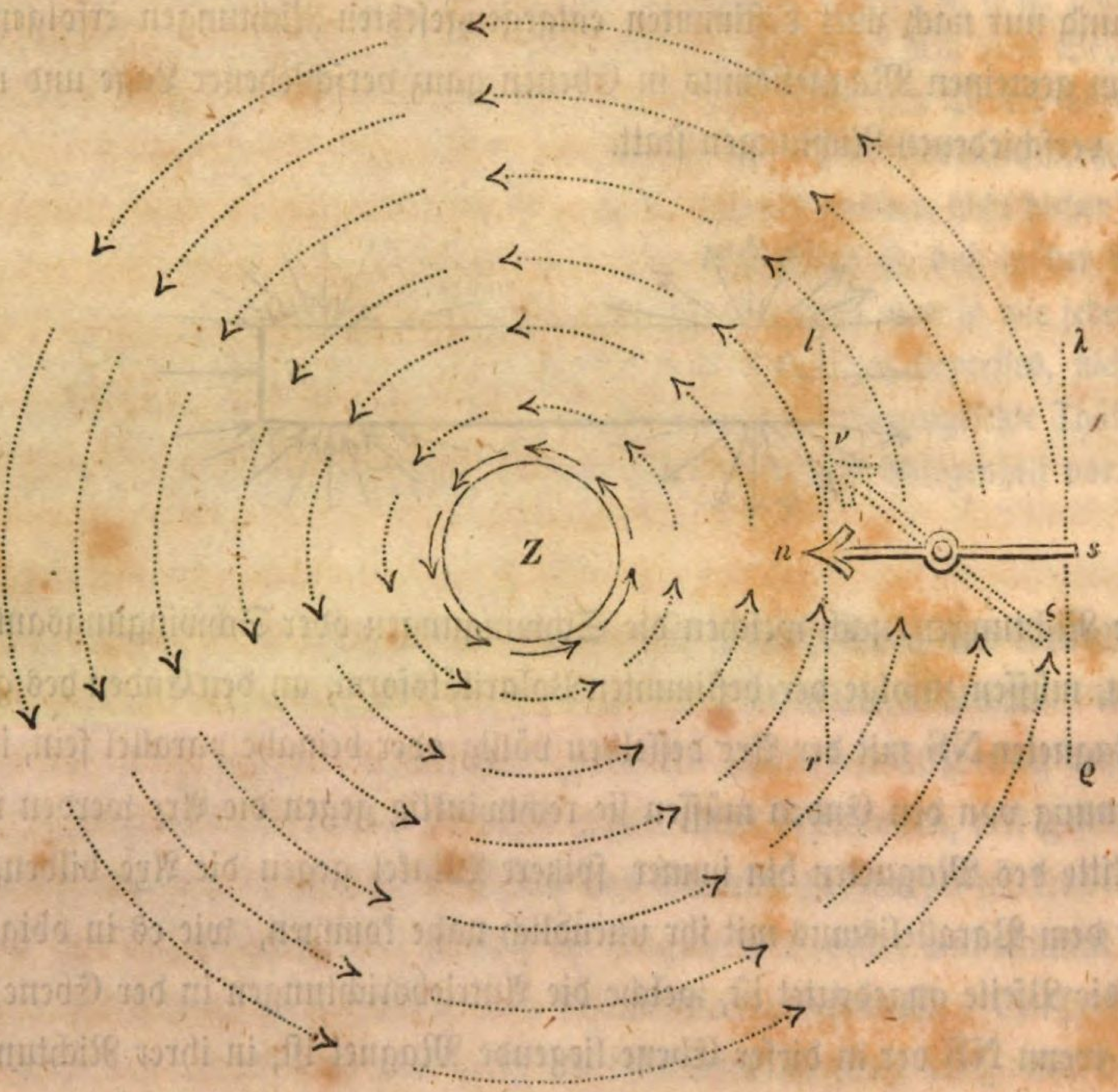


Die Richtungen, nach welchen die Schwingungen oder Schwingungsantriebe geschehen, müssen zufolge der bestimmten Polaritätsform, an den Enden des geradlinigen Magneten **NS** mit der Axe desselben völlig oder beinahe parallel sein, in einiger Entfernung von den Enden müssen sie rechtwinklig gegen die Axe werden und nach der Mitte des Magneten hin immer spitzere Winkel gegen die Axe bilden, bis sie wieder dem Parallelismus mit ihr unendlich nahe kommen, wie es in obiger Figur durch die Pfeile angedeutet ist, welche die Antriebsrichtungen in der Ebene des Papiers, wenn **NS** der in dieser Ebene liegende Magnet ist, in ihrer Richtung zu der Axe desselben bezeichnen. Die Antriebe geschehen von der Axe abwärts am Nordpol **N** im Sinne einer Gegenthätigkeit gegen die Oxydation, am Südpol **S** dagegen in der Bedeutung einer gegen den Desoxydationseffect gerichteten Reaction, wie es zugleich durch die entgegengesetzte Lage der Pfeilspitzen um **N** und **S**, in Uebereinstimmung mit der schon weiter oben gebrauchten Bezeichnung angedeutet ist.

§. 20.

Jeder Theil des Schließungsdrahtes so wie des ganzen Umfanges der geschlossenen galvanischen Kette, der als solcher elektromagnetische Wirkungen äußert, mit einem Worte jeder E l e k t r o m a g n e t hat, eben so wie ein gewöhnlicher Stahlmagnet seine weit reichende Wirkungssphäre, welche die Schwingungsantriebe in sich aufnimmt, fortpflanzt und für Wirkungen und Wechselwirkungen mit andern Elektromagneten oder sonstigen Magneten als übertragendes und vermittelndes Agens dient.

Es sei z. B. in **z** der Durchschnitt eines von oben gesehenen Elektromagneten, dessen Zinkende das obere sichtbare sei, während das Kupferende nach unten gekehrt,



unterhalb der Ebene des Papiers sich befinde, so ist die magnetische Polarität desselben vermöge §. 18 so beschaffen, daß alle Punkte seiner Masse rings herum nach der Richtung der Pfeilspitzen die Nordpolarität und in entgegengesetzter Richtung die Südpolarität äußern. Diese Wirkung findet nun nicht bloß in der unmittelbaren Nähe der thätigen Massenpunkte, sondern auch noch in beträchtlichem Abstande von denselben, zwar mit der wachsenden Entfernung abnehmend, aber doch, eben so wie die Wirkung eines gewöhnlichen Magneten, durch den leeren Raum, durch Luft und andere Massen hindurch noch in vernehmlichen Graden statt. Den Elektromagnet umgiebt also eine Wirkungssphäre, welche durch die um **z** in verschiedenen Abständen mit Punkten gezeichneten Pfeile angedeutet ist, in welcher, von jedem innerhalb derselben befindlichen Punkte aus, die beiden Polaritäten nach den bestimmten durch die Pfeilspitzen bezeichneten Richtungen sich eben so, wie aus jedem Massenpunkte selbst, nur in einer mit dem wachsenden Abstande sich vermin-

dernden Stärke, äußern, dergestalt, daß nach dem bekannten Gesetz, vermöge dessen gleichnamige Polaritäten Abstoßung, ungleichnamige Anziehung bedingen; solche Abstoßung und Anziehung gegen irgend einen zweiten in demselben Raum befindlichen Magnet oder Elektromagnet auch noch in beträchtlicher Entfernung von z vor sich geht.

Wenn daher z. B. eine um ihre Mitte drehbare Magnetnadel ns ursprünglich in der vom Erdmagnetismus ihr angewiesenen Richtung in dieser Wirkungssphäre des Elektromagneten sich befindet, so wird ihr Nordpol n durch die ihn in Richtung von r nach l hin abstoßende Nordpolarität und durch die in gleicher Richtung ihn anziehende Südpolarität der elektromagnetischen Wirkungssphäre in der Richtung nach l hin getrieben. Desgleichen wird der Südpol s durch die ihn nach ρ hin anziehende Nordpolarität und zugleich vermöge der ihn von λ nach ρ hin abstoßenden Südpolarität in der Richtung nach ρ hin sollicitirt. In gleicher Art wie der Nord- und Südpol werden auch alle übrigen Punkte der Nadel, je nachdem sie mit überwiegender Nord- oder Südpolarität dem Elektromagneten entgegenwirken, in Richtungen nach l und ρ zu angetrieben, und als Resultat aller dieser Impulse ergiebt sich nach mehr oder weniger Schwingungen eine abweichende Stellung νσ der Nadel, in welcher diese so lange beharrt, als die Wirkung der Kette sich in ihrer Stärke nicht ändert, aus der sie aber alsbald in die normale Stellung ns zurückkehrt, wenn die Kette geöffnet oder auf irgend eine Weise die Wirkung des Elektromagneten aufgehoben wird.

In jene Ablenkung wird die Nadel auch versetzt, wenn sich zwischen ihr und dem Elektromagneten irgend ein anderer nicht magnetischer Stoff, eine mehr oder minder dicke Wand von Glas, Holz u. dgl. befindet.

Ist die Polarität des Elektromagneten die entgegengesetzte von der bisher angenommenen, wenn nämlich sein oberes Ende das Kupferende und das untere das Zinkende ist, so wird begreiflich die Nadel nach einer der obigen entgegengesetzten Richtung, mit dem Nordpol nach r mit dem Südpol nach λ zu abgelenkt.

Als ein materielles Medium der Wirkungssphäre des Elektromagneten könnte, wenn man nicht ohne Noth ein ganz neues Fluidum dazu annehmen wollte, dasselbe gelten, was bereits als Fortpflanzungsmedium oder als Grundlage im Gebiet der Lichterscheinungen überall zur Voraussetzung genommen ist, der Aether. Es ist jedoch, wenn gleich bei den akustischen Wirkungen die Luft oder sonst ein anderer Stoff thatsächlich ein Medium zur Mittheilung der Schwingungen von einer Masse zur andern bildet, keineswegs nothwendig, anzunehmen, daß überall bei jeder Art

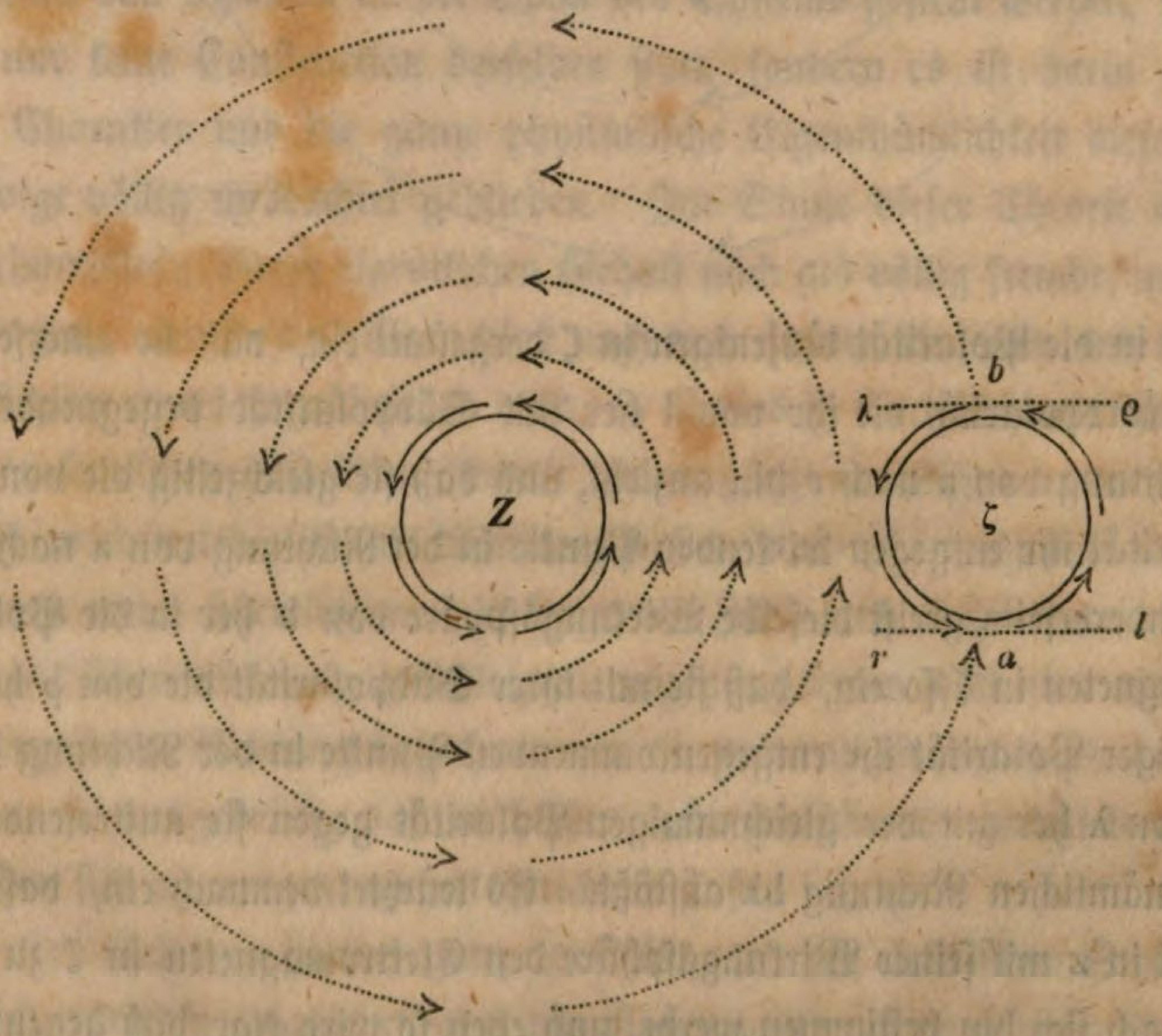
von Schwingungen ein solches Medium der Mittheilung schlechthin erforderlich sei. Vielmehr kann man sich bei unbefangener Ansicht der Erscheinungen sehr wohl vorstellen, daß bei vibratorischen Bewegungen von ungleich größerer Intensität und Geschwindigkeit als die akustischen, die Bewegung von einer Masse auch auf eine zweite übertragen werden und nach Gesetzen universeller Erregbarkeit in ihr ansprechen könne, ohne ein besonderes drittes materielles Zwischenmedium. Wer vollends auf dem Punkt der Naturanschauung steht, daß ihm die Materie, ohne sie im mindesten zu leugnen, doch nur der Wahrheit nach das Product oder das bloße Accidens der Wirksamkeit an sich ist, so daß z. B. von innen heraus entstandene Schwingungen, indem sie sich fortpflanzen, sich eben in dieser Fortpflanzung auch bereits zugleich das materielle Medium derselben sein oder es damit formiren können, (was freilich mancher subjectiven Auffassung willkürlich erscheinen möchte; aber jedenfalls nur in Folge der eigenen bis dahin noch nicht abgelegten Willkür der Vorstellung) der bedarf weder des Aethers noch irgend eines ähnlichen Mediums für die magnetischen so wenig als für die Lichtschwingungen, um sie sich damit erst verständlich zu machen, und für ihn wird das folgende, auch ohne daß es der Erwähnung des hypothetischen Mediums der Wirkungssphäre erst bedurft hätte, schon in den übrigen vorher beigebrachten Auseinandersetzungen seine genügende Motivirung finden.

Elektromagnet heißt offenbar jeder Theil des Umfangs der geschlossenen galvanischen Kette, namentlich der Schließungsdraht oder ein Theil desselben in sofern, als er elektromagnetische Wirkungen zeigt. In diesem folgerichtigen Sinn wird daher in diesem §. und in der Folge überall das Wort Elektromagnet als der dem Begriff adäquate und ihm nothwendig zukommende Terminus genommen. Die andere Bedeutung, in welcher das Wort häufig aber mißbräuchlich vorkommt, bezeichnet einen dem gewöhnlichen ähnlichen Magnet, den man durch Elektromagnetismus, nämlich durch Umgebung einer Eisenmasse mit elektromagnetischem Spiraldraht für die Zeit, während welcher die Kette wirksam ist, gebildet hat. Statt des Wortes: »Elektromagnet« in diesem Sinn sollte also eigentlich gesagt werden: »elektromagnetischer Magnet.« Diese Absicht liegt der in der Uebereilung gewählten kürzeren Bezeichnung zum Grunde; aber die letztere ist darum um so weniger zu billigen; theils indem sie etwas ganz anderes sagt, als beabsichtigt wurde; theils weil dem ursprünglichen Begriff das angemessene Wort nicht entzogen werden darf. Zur Herstellung eines richtigen Sprachgebrauchs und zur Beseitigung von Mißverständnissen wäre zu wünschen, daß im Sinne der zweiten Bezeichnung die ganz angemessenen Ausdrücke: Temporärmagnet oder Spiralmagnet allgemeine Anwendung finden möchten.

§. 21.

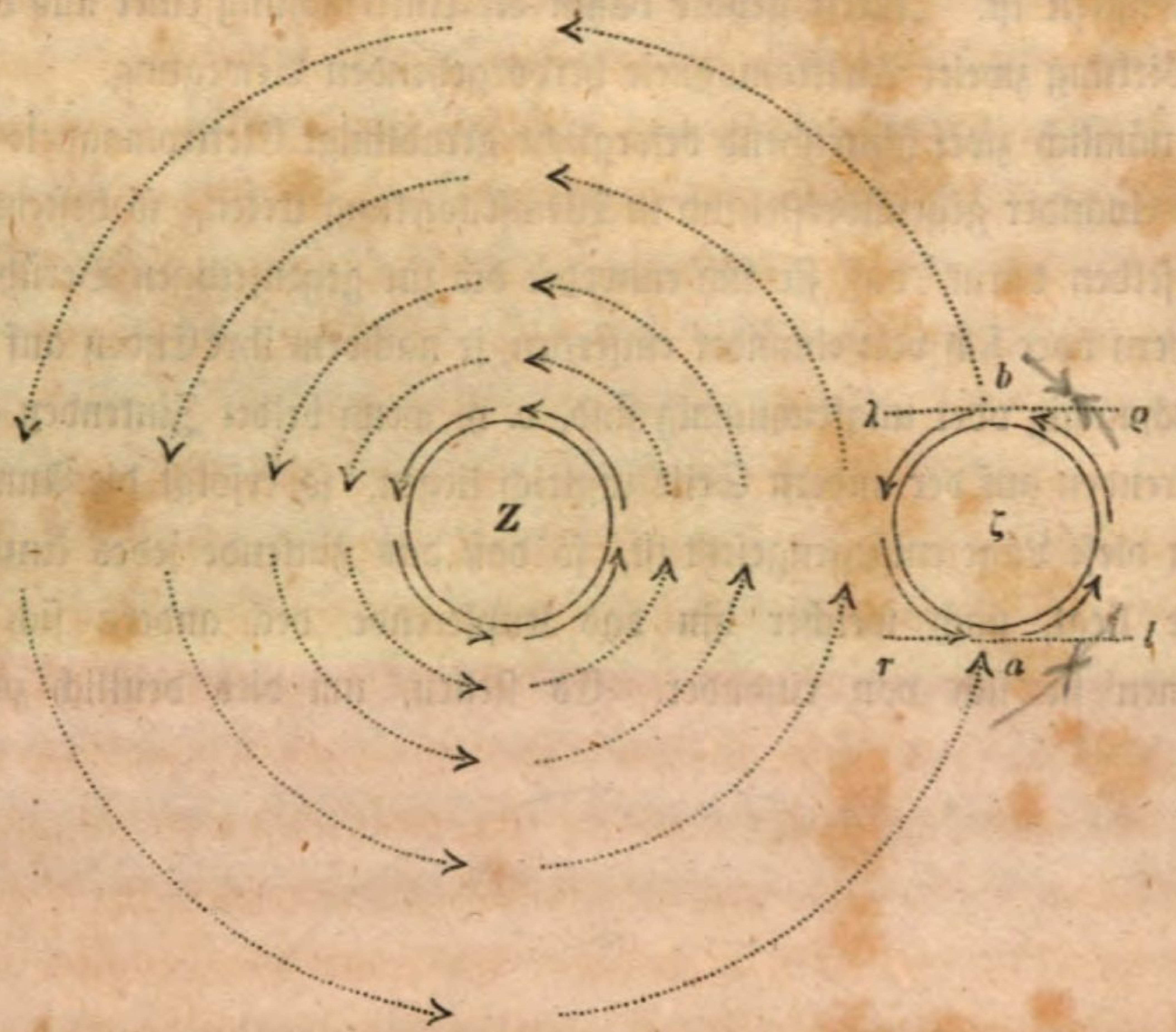
Wir wollen, ehe wir an die jetzt ziemlich leichte Construction des obigen Rotationserfolges (§. 1, 2.) gehen, vorher noch ein paar andere elektromagnetische Wirkungen betrachten, deren Berücksichtigung für unsere Zwecke im Ganzen von besonderer Wichtigkeit ist. Zuerst gehört dahin die Untersuchung einer aus der gegenseitigen Wirkung zweier Elektromagnete hervorgehenden Bewegung.

Wenn nämlich zwei hinreichend bewegliche geradlinige Elektromagnete in paralleler Lage einander gegenüberstehend in Wechselwirkung treten, so besteht das Resultat derselben darin, daß sie sich entweder bis zur gegenseitigen Berührung einander nähern oder sich von einander entfernen, je nachdem ihre Enden auf derselben Seite gleichnamig oder ungleichnamig sind, d. h. wenn beider Zinkenden auf einer, die Kupferenden auf der andern Seite zugleich liegen, so erfolgt die Annäherung; wenn aber diese Lage entgegengesetzt ist, so daß das Zinkende jedes einzelnen auf der Seite liegt, nach welcher hin das Kupferende des andern sich befindet, so entfernen sie sich von einander. Es stellen, um dies deutlich zu machen,



die Kreise zunächst um z und ζ die Durchschnitte zweier solcher Elektromagnete vor, welche in senkrechter Stellung gegen die Ebene des Papiers, also einander parallel, mit ihren Zinkenden diesseits über dieser Ebene, mit den Kupferenden jenseits derselben sich befinden und dem gemäß in übereinstimmiger Lage, mit

gleichnamigen Enden auf gleichen Seiten, in Wechselwirkung treten. Die elektromagnetische Polarität hat demnach auch in beiden übereinstimmige Richtung, so wie es die Pfeile zunächst um z und ζ und die mit Punkten dargestellten Kreise im Sinne der Pfeilspitzen darthun. Die Wirkungssphäre des Elektromagneten in z



greift also in die Polarität desjenigen in ζ dergestalt ein, daß sie einerseits von a her mit Nordpolarität die ihr von l her mit Südpolarität begegnenden Punkte in der Richtung von a nach r hin anzieht, und daß sie gleichzeitig die von r her mit Nordpolarität ihr entgegen wirkenden Punkte in der Richtung von a nach r hin abstößt. Andererseits greift dieselbe Wirkungssphäre von b her in die Polarität des Elektromagneten in ζ so ein, daß sie mit ihrer Südpolarität die von ρ her mit ungleichnamiger Polarität ihr entgegenkommenden Punkte in der Richtung bλ anzieht und die von λ her mit der gleichnamigen Polarität gegen sie auftretenden Punkte nach der nämlichen Richtung bλ abstößt. Es leuchtet demnach ein, daß der Elektromagnet in z mit seiner Wirkungssphäre den Elektromagneten in ζ zu einer Bewegung nach sich hin bestimmen werde, und eben so wird klar, daß gegenseitig auch der letztere wiederum durch seinen Wirkungskreis den ersteren zu einer Bewegung nach sich hin bestimmen müsse; daß mithin beide, wenn keine äußere Störung vorhanden, sich ohne Unterlaß nähern und diese Bewegung bis zu gegenseitigem Zusammentreffen fortsetzen werden.

Es erhellt ebenso, und ohne daß es dazu noch einer besonderen Figur bedürfte, für den Fall wenn die Lage hinsichtlich der Endigung bei beiden Elektromagneten entgegengesetzt ist, wenn z. B. derjenige in C mit seinem Kupferende diesseits über der Ebene des Papiers sich befände und also seine Polarität durch die betreffenden umgekehrten Pfeile zu bezeichnen wäre, daß alsdann, vermöge der in beiden in entgegengesetztem Sinne wirksamen Circularpolarität und in Folge des gegenseitigen Eingreifens ihrer Wirkungssphären auch eine Bewegung beider nach entgegengesetzter Richtung d. h. eine Entfernung derselben von einander bedingt sein müsse.

§. 22.

So sind also diese Erfolge als nothwendige aus dem Begriff der Circularpolarität fließende Bestimmungen mit Leichtigkeit und Evidenz daraus aufzuzeigen. In der Ampere'schen elektrischen Strömungs- sogenannten elektrodynamischen Theorie hingegen, nach welcher sie als absolute Fundamentalerscheinungen ohne alle Ableitung in Gestalt von Axiomen an die Spitze des Systems gestellt werden, findet sonach nicht nur keine Construction derselben statt, sondern es ist darin auch der wesentliche Charakter und die ganze physikalische Eigenthümlichkeit dieser inhaltreichen Erfolge völlig unbeachtet geblieben. Im Sinne dieser Theorie erscheinen sie als beziehungslose, ihrem eigentlichen Gehalt nach als völlig fremde, unzugängliche Wirkungen, und so weit ihnen bloß nach dem äußern Anschein und nach subjectiver Reflexion etwas zugeschrieben wird, so ist dies in Vergleich mit ihrem wirklichen und wesentlichen objectiven Inhalt etwas ganz einseitiges und verfehltes. Die Erfolge werden lediglich als Wirkungen der elektrischen Ströme betrachtet, welche letzteren unter übereinstimmiger Lage der Zink- und Kupferenden der Elektromagnete als übereinstimmig gerichtet, im entgegengesetzten Fall aber als Ströme von entgegengesetzter Richtung bezeichnet werden, und das Gesetzliche in den Erfolgen wird nun so ausgedrückt, daß es heißt: „übereinstimmig gerichtete elektrische Ströme ziehen sich an, entgegengesetzt gerichtete stoßen sich ab."

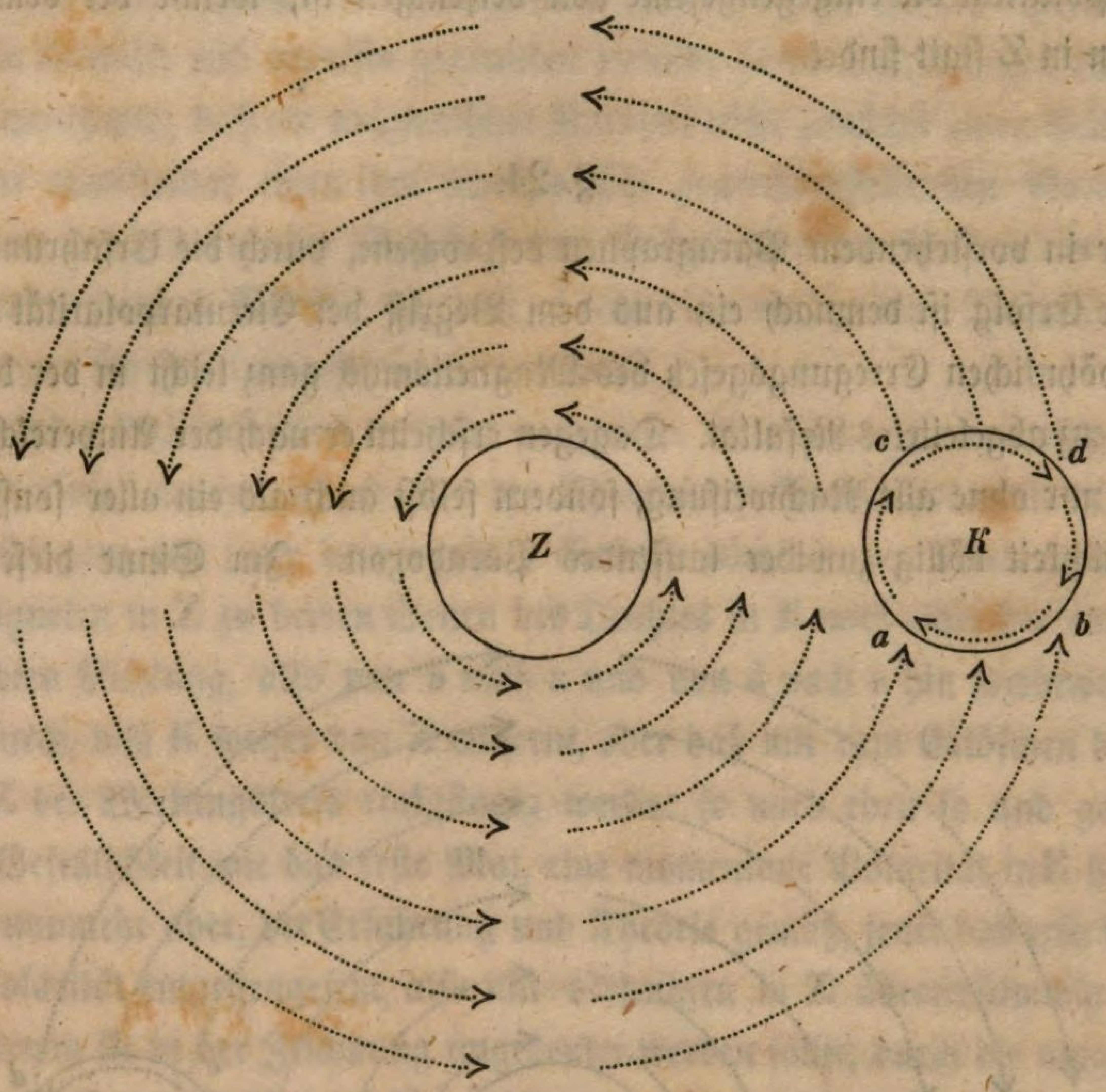
Einmal aber bleibt es hierbei ganz unerklärt, wie die elektrischen Ströme dazu kommen, sich entweder anzuziehen oder abzustoßen und noch dazu unter Bedingungen, unter welchen nach aller sonstigen Analogie die Anziehung und Abstoßung gerade in entgegengesetzter Ordnung statt haben sollte. Zweitens aber ist es durchaus unrichtig, die Erfolge als entgegengesetzte zu betrachten und dadurch, daß sie als Anziehung und Abstoßung gesetzt werden, hier den Unterschied eines entgegen-

gesetzten Verhaltens in die Wirkungen von einer Seite hinein zu legen, nach welcher er gar nicht darin ist, während die wirklich und wahrhaft in den Erscheinungen liegenden gegensätzlich polaren Beziehungen ganz übersehen und in dem unbestimmten und leeren Begriff des elektrischen Stroms zu Grunde gegangen sind. Keiner von beiden Erfolgen ist das ausschließliche Ergebniß einer bloßen Anziehung oder Abstoßung, sondern jeder von ihnen beruht auf der in einem und demselben Grade bei beiden stattfindenden Wirkung der Anziehung und Abstoßung zugleich. Wenn die beiden Elektromagnete sich nähern, so ziehen sie sich nicht bloß an, sondern die Bewegung geschieht ebensowohl auch in Folge der beiderseitigen Abstoßung, und wenn sie sich von einander entfernen, so stoßen sie sich nicht bloß ab, sondern bewegen sich so ebensowohl auch in Folge gegenseitiger Anziehung. Es geschieht in dem einen Fall ganz dasselbe wie in dem andern, die Wirkung hat denselben Charakter und ist beide Male vollkommen dieselbe; nur die Bewegungsrichtung ist verschieden, und diese letztere ist hier in Bezug auf die Wirkung an sich etwas Gleichgültiges und Zufälliges. Die beiden Elektromagnete mögen sich unter den statt findenden Bedingungen nähern oder von einander entfernen, so ist ihre Wirkung an und für sich in beiden Fällen daran, so zu sagen, völlig unschuldig, jeder von ihnen wirkt eben so gleichmäßig anziehend und abstoßend auf den andern in dem ersten wie im zweiten Fall, und was äußerlich sich so als eine Anziehung oder Abstoßung oder als ein innerer Gegensatz des Verhaltens darstellt, ist bloß scheinbar ein solcher. Diesen Schein als Wirklichkeit zu nehmen, eine solche Wirklichkeit, ohne sich auch nur einige Rechenschaft darüber geben zu können, in der wissenschaftlichen Betrachtung nicht nur bestehen zu lassen, sondern sie sogar noch zur Grundlage aller übrigen Vorgänge des Erscheinungsgebietes zu machen und in einer bloß äußerlichen Consequenz dieses Gewebes von Unwahrheit sich, ohne Bedürfniß nach einem gründlichen objectiven Standpunkt der Auffassung, gefangen halten zu lassen, sind Vorwürfe, denen die unbedingten Anhänger der Ampere'schen Theorie des Elektromagnetismus sich nicht werden entziehen können.

§. 23.

Noch entschiedener zeigt sich die physikalische Unzulässigkeit dieser Theorie bei der Betrachtung der sogenannten Inductionserscheinungen, welche durch momentane Hervorrufung einer Circularpolarität von einem Elektromagneten oder gewöhnlichen Magneten aus, in andern ihnen hinlänglich genäherten Metallen entstehen.

Es sei abermals in **Z** die Durchschnittsfläche eines mit seinem Zinkende nach oben gekehrten Elektromagneten, dessen Erregung und Wirkungssphäre dem gemäß in dem obigen Sinne durch die Pfeilspitzen der Figur angedeutet wird. In dem Mo-

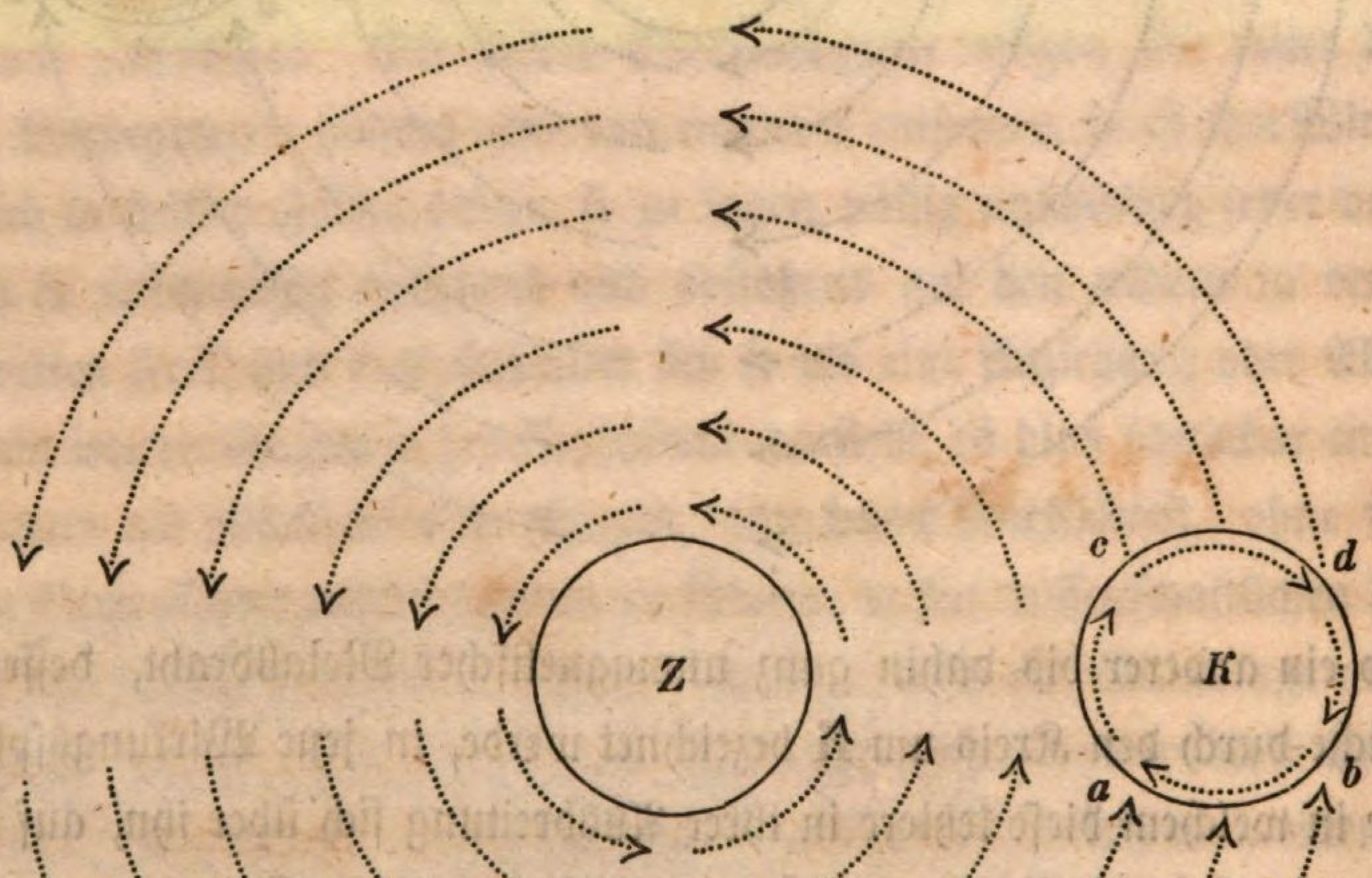


ment, wo ein anderer bis dahin ganz unmagnetischer Metalldraht, dessen Durchschnittsfläche durch den Kreis um **K** bezeichnet werde, in jene Wirkungssphäre eintritt, oder in welchem diese letztere in ihrer Ausbreitung sich über ihn, auf der einen Seite von **a** nach **b** mit Nordpolarität, und auf der andern Seite von **c** nach **d** mit Südpolarität hinweg bewegt, wird in dem Draht, ganz nach demselben Gesetz wie in einer Stahlmasse, wenn man einen gewöhnlichen Magneten mit dem einen entsprechenden seiner Pole darüber hinweg bewegt, eine momentane magnetische Erregung hervorgerufen, dergestalt, daß die Nordpolarität dieser Erregung auf der einen Seite von **b** nach **a** hin, auf der andern dagegen von **c** nach **d** hin gerichtet, und daß somit der Draht in seinem ganzen Umfange von einer magnetischen Circularpolarität, in dem innerhalb des Kreises um **K** durch die Pfeilspitzen angedeuteten Sinne momentan erfüllt wird. Diese Circularpolarität ist also der ursprünglichen des Elektromagneten in **Z**, der Richtung nach entgegengesetzt, so daß, wenn der inducirte

Magnetismus des Drahtes in **K** als von einer galvanischen Kette ausgehend betrachtet wird, das entsprechende Kupferende des Drahtes über der Ebene des Papiers, sein Zinkende unter derselben sich befindet, und seine Lage folglich in Absicht auf die Polarität die entgegengesetzte von derjenigen ist, welche bei dem Elektromagneten in **Z** statt findet.

§. 24.

Dieser in vorstehendem Paragraphen besprochene, durch die Erfahrung überall bestätigte Erfolg ist demnach ein aus dem Begriff der Circularpolarität und nach dem gewöhnlichen Erregungsgesetz des Magnetismus ganz leicht in der bündigsten Consequenz abgeleitetes Resultat. Dagegen erscheint er nach der Ampereschen Theorie nicht nur ohne alle Nachweisung, sondern selbst auch als ein aller sonstigen Naturgesetzlichkeit völlig zuwider laufendes Paradoxon. Im Sinne dieser Theorie



kann nämlich der Erfolg nicht anders gefaßt werden, als daß der hypothetische elektrische Strom des Drahtes in **Z** einen der Richtung nach gerade entgegengesetzten Strom in dem Drahte in **K** hervorrufe. Wie dies zugehe, darüber fehlt es zuvör-

derst an irgend einer genügenden Rechenschaft. Da aber außerdem nach der Ampère'schen Theorie solche entgegengesetzte elektrische Ströme sich einander abstoßen, so muß ihr zufolge in diesem Falle angenommen werden, daß die eine Erregung unmittelbar und ohne irgend ein vermittelndes Zwischenglied der Thätigkeit eine ihr gerade hin feindlich und repulsiv gegenüber tretende hervorrufe, welches dasselbe ist, als z. B. annehmen, daß ein magnetischer Nordpol nicht zunächst einen Südpol sondern sofort unmittelbar einen ihm repulsiv sich gegenüberstellenden Nordpol hervorrufe und welches ein aller Wahrheit und Gesetzlichkeit der Naturwirkung dergestalt widersprechendes Resultat ist, daß es als eine entschiedene Deduction dieser Theorie gegen sich selbst angesehen werden muß.

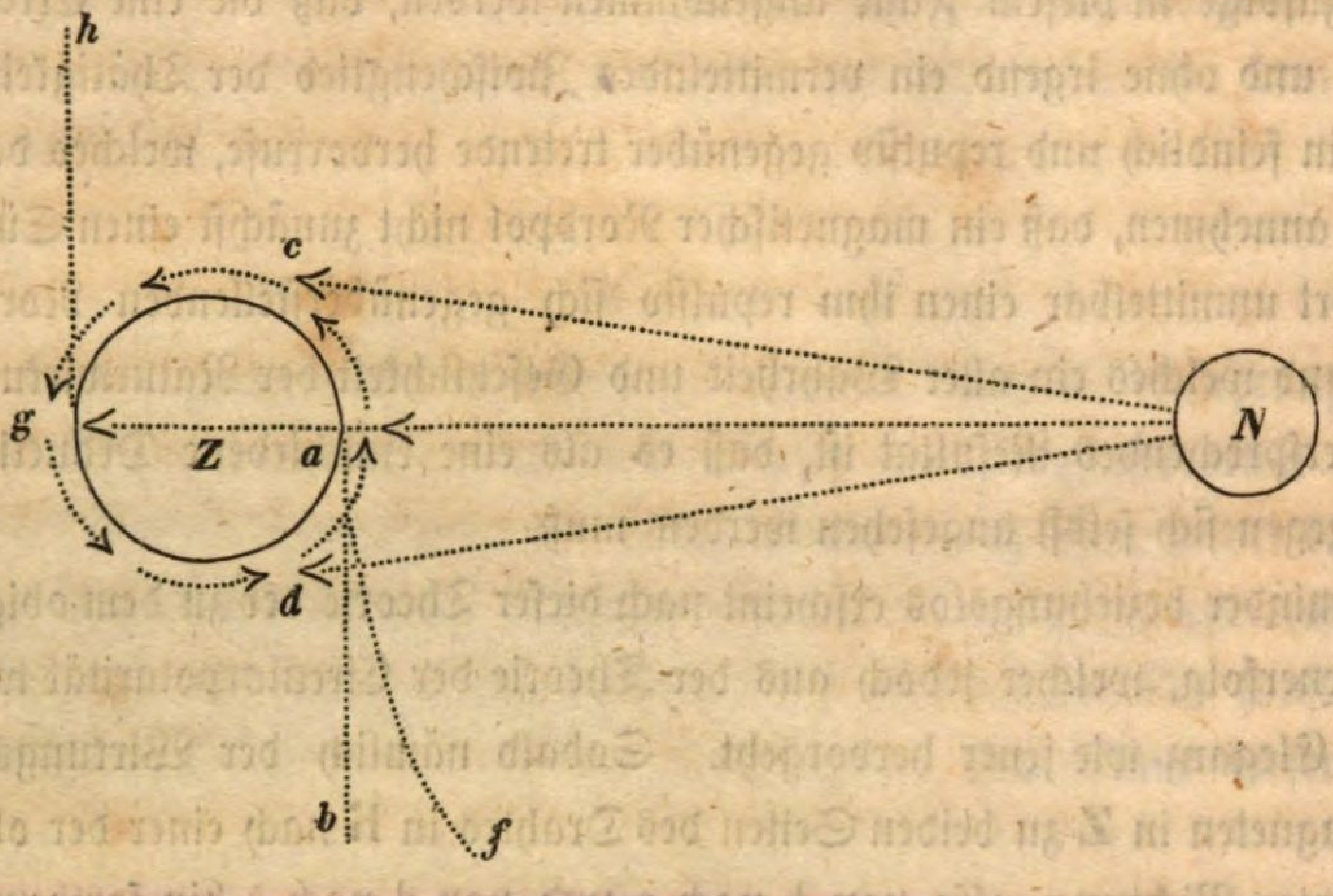
Nicht minder beziehungslos erscheint nach dieser Theorie der zu dem obigen gehörige Gegenerfolg, welcher jedoch aus der Theorie der Circularpolarität wieder mit derselben Eleganz wie jener hervorgeht. Sobald nämlich der Wirkungskreis des Elektromagneten in **Z** zu beiden Seiten des Drahtes in **K** nach einer der obigen entgegengesetzten Richtung, also von **b** nach **a** und von **d** nach **c** hin fortbewegt wird, sei es dadurch, daß **K** weiter von **Z** entfernt, oder daß mit dem Erlöschen der Erregung in **Z** der Wirkungskreis rückgängig werde: so wird eben so und ganz nach derselben Gesetzlichkeit wie das erste Mal, eine momentane Polarität in **K** hervorgerufen, die nunmehr aber, der Erfahrung und Theorie gemäß, jener das erste Mal bewirkten Polarität entgegengesetzt, also mit derjenigen in **Z** übereinstimmig ist und demnach, wenn sie in der Zeichnung angedeutet werden sollte, durch die umgekehrten Pfeile innerhalb des Kreises um **K** bezeichnet werden müßte.

§. 25.

Wir kommen nun zur Betrachtung jener in §. 1. 2 beschriebenen continuirlichen Rotation, welche durch die Bewegung eines Elektromagneten um einen im Centrum befindlichen Pol eines gewöhnlichen Magneten vollführt wird.

Wer den bisherigen Auseinandersetzungen mit Aufmerksamkeit gefolgt ist und dabei namentlich die in §. 16 und 20 gegebenen Bestimmungen vor Augen hat, für den wird es nunmehr mit keiner Schwierigkeit verbunden sein, den Erfolg nicht nur als eine einfache und mit Nothwendigkeit aus unserer Theorie sich ergebende Wirkung daraus abzuleiten, sondern auch die besonderen bereits in §. 2 erwähnte Bedingungen, nach welchen er hinsichtlich der Bewegungsrichtung stattfindet, mit derselben Entschiedenheit, in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, dabei fest zu stellen.

Es stelle der Kreis um **Z** abermals den horizontalen Durchschnitt eines mit seinem Zinkende nach oben gekehrten Elektromagneten vor, dessen Circularpolarität ihrer



Richtung nach also auf die bekannte Weise durch die den Kreis umgebenden Pfeile bezeichnet wird. Ein Stahlmagnet wirke mit seinem Nordpol, von dem der Kreis um **N** eine horizontale Durchschnittsfläche sei, auf diesen Elektromagneten ein: so wird die zunächst nach der Mitte in **Z** gerichtete Wirkung mit ihrer Nordpolarität in a die von b her mit derselben Polarität ihr entgegen tretenden Puncte des Elektromagneten nach b hin abstoßen und die von der entgegengesetzten Seite mit der Südpolarität ihr begegnenden Puncte desselben in der nämlichen Richtung nach b hin anziehen. Ferner ist klar, daß die zu beiden Seiten der Mittellinie, in Richtungen wie die nach c und d hin geäußerten Wirkungen, weil allemal einer abstoßenden Wirkung auf der einen Seite in d, eine nach Lage und Stärke vollkommen gleiche anziehende auf der andern Seite in c entsprechen muß, ihre resultirenden Bewegungseffecte nur rechtwinklig gegen die Mittellinie **NZ**, d. h. wieder nur in der Linie ab oder parallel mit ihr zu äußern vermögen. Es folgt also daraus eine Sollicitirung des Elektromagneten nach Richtungen, die mit ab parallel sind.

Da nun ab die Tangente eines um **N** beschriebenen Kreises ist und weil mit dem kleinsten Fortschritt des Elektromagneten auch alsbald die Antriebsrichtung dergestalt sich ändern muß, daß sie immer wieder aufs neue, ganz so wie beim Anfange der Bewegung, senkrecht auf dem Drehungsradius ist, so wird der Elektromagnet stets in Tangentialrichtung von Element zu Element des Kreises fortschreiten und in einer kreisförmigen Bahn continuirlich um den Pol in **N** rotiren. Und zwar wird

dies unter den angegebenen Polaritätsbedingungen in der Richtung af geschehen, nämlich in Uebereinstimmung mit der im §. 2 angegebenen und hiemit nachgewiesenen Bestimmung: von Ost durch Nord gen West. Dieselbe Richtung wird bleiben, wenn der Elektromagnet statt des Zinkendes das Kupferende nach oben kehrt und wenn zugleich statt des Nordpols in N der Südpol des Magneten auf ihn wirkt. Wenn aber nur eine von beiden Bedingungen eintritt, daß mithin, wenn das Kupferende oben ist, der Nordpol des Magneten der wirkende bleibt, oder daß wenn das Zinkende oben bleibt, statt des Nordpols der Südpol des Magneten in Wirksamkeit tritt, so ist die Richtung der Rotation derjenigen von a nach f entgegengesetzt, sie geht alsdann von West durch Nord gen Ost.

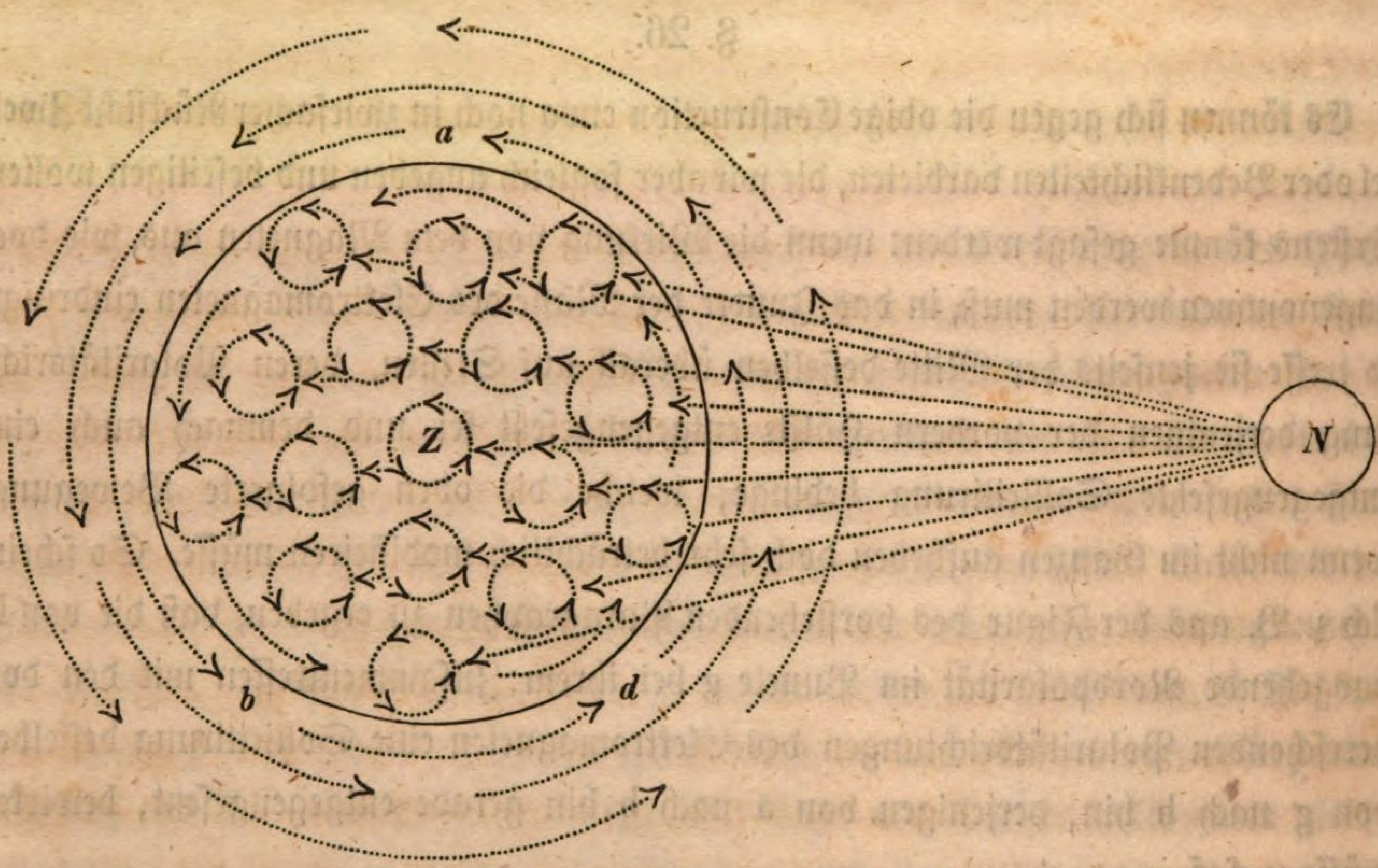
§. 26.

Es können sich gegen die obige Construction etwa noch in zwiefacher Rücksicht Zweifel oder Bedenklichkeiten darbieten, die wir aber sogleich angeben und beseitigen wollen. Erstens könnte gesagt werden: wenn die Wirkung von dem Magneten aus, wie doch angenommen werden muß, in das Innere der Masse des Elektromagneten eindringe, so treffe sie jenseits der Mitte desselben überall auf Stellen, deren Polaritätsrichtung derjenigen der vordern Hälfte entgegengesetzt sei und demnach auch eine entgegengesetzte Sollicitirung bedinge, welche die oben gefolgerte Bewegung, wenn nicht im Ganzen aufheben doch sehr beträchtlich modificiren müsse. So scheint sich z. B. aus der Figur des vorstehenden Paragraphen zu ergeben, daß die von N ausgehende Nordpolarität im Puncte g bei ihrem Zusammentreffen mit den dort herrschenden Polaritätsrichtungen des Elektromagneten eine Sollicitirung desselben von g nach h hin, derjenigen von a nach b hin gerade entgegengesetzt, bewirken müsse u. s. f.

Dieser Zweifel ist zwar nur scheinbar begründet, da die elektromagnetische Polarität, so wie sie sich äußert, eben nur nach Außen hin, nicht aber zugleich auch nach Innen hin in derselben Weise zurück wirkt; er findet jedoch seine Erledigung am geeignetsten in einer Vervollständigung der Vorstellung des polaren Erregungszustandes des Elektromagneten, die wir bis dahin, um die Gesichtspuncte fürs erste möglichst einfach zu halten, noch nicht zur Sprache gebracht, gegenwärtig aber, der bestimmteren Beschaffenheit dieses Erregungszustandes gemäß, noch kürzlich zu erörtern haben. Die Polarität des Elektromagneten ist nämlich im Ganzen vollkommen so, wie sie bis dahin dargestellt worden; sie muß aber zugleich noch bestimmter in der

Weise aufgefaßt werden, daß sie so, wie sie für die Masse des Elektromagneten im Ganzen gilt, eben so auch nach demselben Typus für jeden kleinsten Theil dieser Masse stattfinde. Die energische Erregung der Masse ist von solcher Beschaffenheit, daß damit jeder kleinste Theil derselben für sich nach denselben Richtungen zu wirbelförmigen rotatorischen Schwingungsantrieben um seine eigene Axe und demnach auch zur Manifestirung derselben Polaritätsrichtungen bestimmt wird, wie sie sich in dem Gesammtverhalten der Masse im Ganzen an ihr aussprechen. Ein Blick auf die schematische Darstellung dieses Verhältnisses in der folgenden Zeichnung wird dies zur Genüge verdeutlichen.

Es sei wieder der Hauptkreis abd um **Z** die Durchschnittsfläche eines mit dem Zinkende nach oben gekehrten Elektromagneten. Die circularen Polaritätsrichtun-



gen der Masse und ihres Wirkungskreises im Ganzen sind so wie bisher durch die umgebenden Pfeile angedeutet. Die kleineren Kreise im Hauptkreise aber stellen schematisch, im Vergrößerungsmaß, einzelne Massenpuncte mit ihren der Polarität des Ganzen entsprechenden, durch die Pfeilspitzen bezeichneten polaren Erregungen dar, dergestalt, daß die Polarität des Ganzen zugleich als ein mit dem Zusammengreifen aller dieser unzähligen Specialpolaritäten gegebener Gesammtausdruck zu betrachten ist.

Jeder einzelne dieser polarisirten Massenpuncte muß als permeabel für die vom Magnetpol **N** ausgehende Wirkung gelten, so daß diese letztere durch jeden Punct

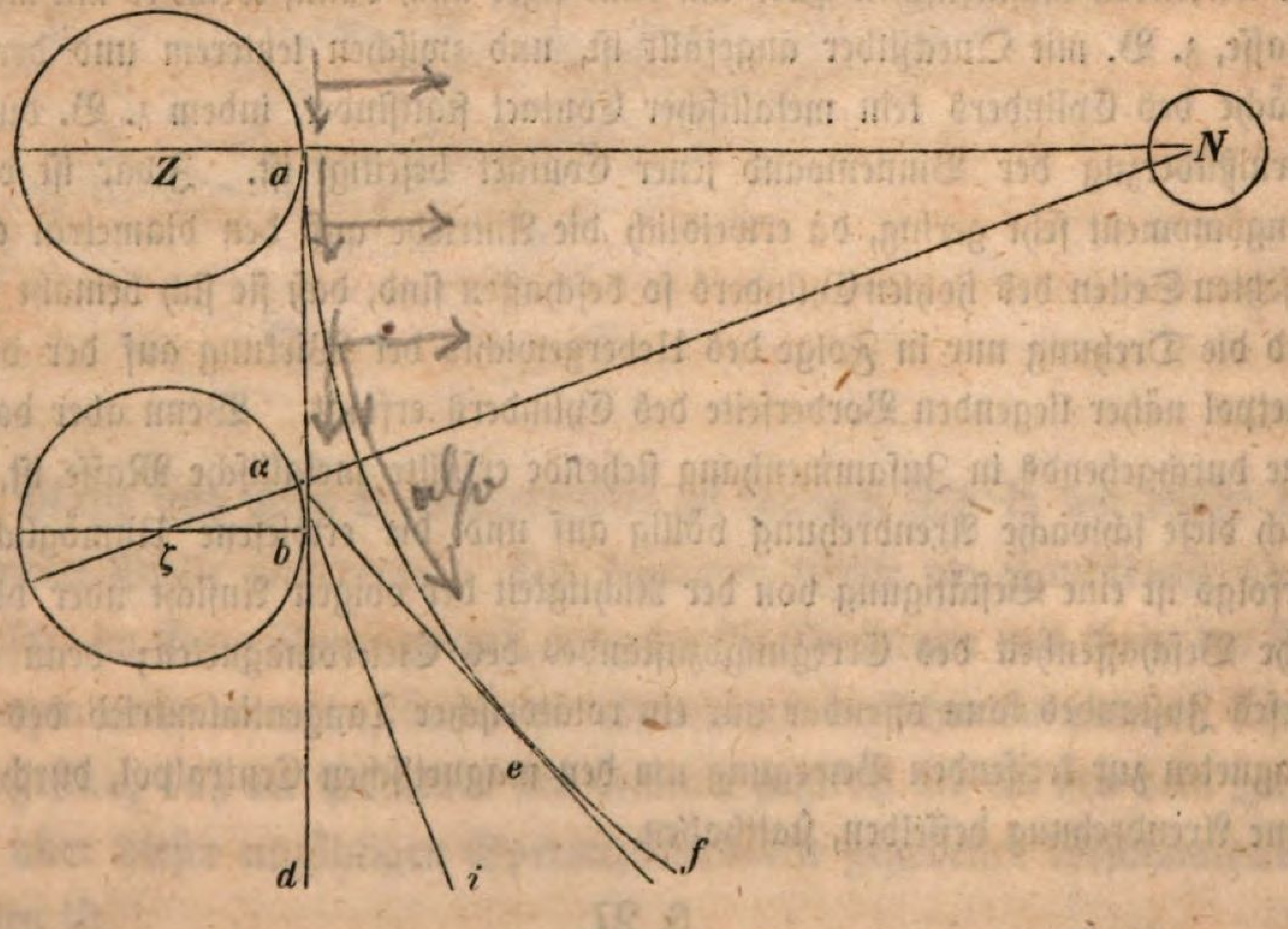
der Masse hindurch auch auf die entfernter liegenden übergeht; aber indem die Elementarthätigkeit jedes einzelnen Punctes nach seinem Innern hin ohne Rückwirkung und nur nach Außen hin wirksam gedacht werden muß, so wird er von dem Magnetpol auch nur nach Maßgabe der Polarität, welche auf seiner, jenem zugewandten, Außenseite herrschend ist, sollicitirt. Somit trifft also im Innern des Elektromagneten der von dem Magnetpol N ausgehende Effect, von welcher Seite er kommen möge, überall auf übereinstimmig polarisirte und lediglich im Sinne dieser ihm zugekehrten Polarität mit ihm in Wechselwirkung tretende Massentheilchen, dergestalt, daß daraus nicht nur eine in allen ihren Theilen übereinstimmige Sollicitirung der ganzen Masse hervorgeht, sondern daß der solcher gestalt aus der Wirkung auf die sämmtlichen Massentheilchen resultirende Antrieb meistens auch als ein im Mittelpunkte oder in der Axe der Masse vereinigt vollzogener Effect angesehen werden kann.

Man hat geglaubt, daß es möglich sein müsse, einen Elektromagneten, eben so wie man ihn einen magnetischen Centralpol umkreisen sieht, auch durch einen vorgehaltenen Magnetpol um seine eigene Axe rotiren zu machen. Allein wiederholte und unter vielfach abgeänderten Bedingungen angestellte Versuche haben dem Verfasser die Ueberzeugung gewährt, daß es unmöglich sei, diesen Erfolg, so lange der Electromagnet eine compacte metallische Masse ist, zu bewirken. Ein holer elektromagnetischer Cylinder rotirt allerdings unter dem Einfluß eines von außen auf ihn wirkenden magnetischen Pols um seine Axe; auch dann, wenn er mit metallischer Masse, z. B. mit Quecksilber angefüllt ist, und zwischen letzterem und der inneren Fläche des Cylinders kein metallischer Contact stattfindet, indem z. B. durch einen Firnißüberzug der Binnenwand jener Contact beseitigt ist. Zwar ist das Drehungsmoment sehr gering, da erweislich die Antriebe auf den diametral entgegengesetzten Seiten des hohlen Cylinders so beschaffen sind, daß sie sich beinahe aufheben und die Drehung nur in Folge des Uebergewichts der Wirkung auf der dem Magnetpol näher liegenden Vorderseite des Cylinders erfolgt. Wenn aber das Ganze eine durchgehends in Zusammenhang stehende erfüllte metallische Masse ist, so hört auch diese schwache Axendrehung völlig auf und die erwiesene Unmöglichkeit des Erfolgs ist eine Bestätigung von der Richtigkeit der obigen Ansicht über die eigentliche Beschaffenheit des Erregungszustandes des Elektromagneten; denn in Folge dieses Zustandes kann offenbar nur ein rotatorischer Tangentialantrieb des Electromagneten zur kreisenden Bewegung um den magnetischen Centralpol, durchaus aber keine Axendrehung desselben, statthaben.

§. 27.

Ein anderer Zweifel, ob die in der oben nachgewiesenen Bewegung des Electromagneten beschriebene Curve auch wirklich von einem Kreise nicht verschieden sei,

könnte noch von der folgenden Seite her sich darbieten. Der früher beschriebene experimentelle Erfolg (§. 1, 2.) gestattet nicht füglich eine andere Einrichtung, als daß das obere Ende des rotirenden Electromagneten mit einem bis zur Axe der Drehung führenden Theil des Schließungsdrahtes in fester Verbindung stehe. Dadurch ist also dem Electromagneten des Experiments ein bestimmter Radius mit dem zugehörigen Kreise für seine rotatorische Bewegung angewiesen. Setzt man aber einen von mechanischen Nebenbestimmungen ganz unabhängigen Electromagneten schlechthin, so könnte, ungeachtet es gewiß ist, daß nach den zum Grunde liegenden Bedingungen sein Bewegungsantrieb immer unter einer auf dem Drehungsradius senkrechten Richtung erfolgt, doch vielleicht noch bezweifelt werden, ob er dem jedesmaligen Antriebe immer nur so weit folgte, daß die Bewegung unter sonst sich gleichbleibenden Bestimmungen, einen und denselben mit dem anfänglichen Radius gegebenen Kreis und keine andere davon verschiedene Bahn bildete. Zwar bietet nach dem mit Beseitigung des ersten Zweifels im vorhergehenden Paragraphen gewonnenem Resultat, die ganze Masse des Electromagneten dem Effecte des Centralpols eine so große und so gleichmäßig vertheilte Menge wirksamer Angriffspunkte dar, daß schon damit jeder Zweifel an der den Kreis bedingenden Gesetzmäßigkeit der Bewegung gehoben zu sein scheint. Indessen sei, um dies noch von einer andern Seite zu zeigen, hier auch noch der folgenden Betrachtung Raum verstattet



Ein Electromagnet, dessen Horizontaldurchschnitt in **Z** sich befinde, stehe unter der Einwirkung des magnetischen Centralpols **N**. Der Antrieb im Punkte a der

Mittellinie Na geschehe nach der Tangente ad und der Elektromagnet bewege sich dergestalt von Z nach ζ, daß der Punct a, statt einen Theil des Kreisbogens aef zu durchlaufen, auf der Tangente von a bis b fortrücke, bevor ein neuer Antrieb zu einer veränderten Bewegungsrichtung statt findet. Für diesen neuen Antrieb ist nunmehr die durch ζ gezogene Nζ die Mittellinie, welche die Peripherie des Electromagneten in α schneide. Man ziehe von α an den Kreisbogen aef die Tangente αe. Der von den Tangenten ad und αe gebildete Winkel ist kleiner als 180°; der Winkel Nαe ist um so mehr kleiner als 90° und die neue gegen Nα rechtwinklige Antriebsrichtung αi, nach der nunmehr der Punct α mit dem weiter bewegten Elektromagneten fortrückt, fällt mithin außerhalb der Tangente αe, vom Kreise weiter abwärts. Der Elektromagnet würde sich auf diese Weise mit den in gleichen Zeitintervallen sich wiederholenden Bewegungsantrieben immer weiter von dem ursprünglichen Kreise entfernen und statt des letzteren eine ganz andere aus gradlinigen oder krummen Elementen von sehr großem Krümmungshalbmesser bestehende spiralförmige Bahn beschreiben. Da nun aber die Bewegungsantriebe sich nicht in dem endlichen Zeitintervall, während dessen die endliche Tangente ab durchlaufen wird, wiederholen, sondern in stetiger Folge erneut werden, so sind auch die Puncte b und α einander unendlich nahe, die Tangenten ab und αe bilden einen um keine endliche Differenz von 180° verschiedenen Winkel und die neue Antriebsrichtung αi ist der Lage nach von αe nicht verschieden, d. h. der Elektromagnet wird mit jeder folgenden Antriebsrichtung, wenn ihn auch die nächst vorhergehende um eine unendlich kleine Differenz vom Kreise abgeführt hätte, immer wieder auf ihn zurückgeführt oder mit andern Worten: seine Bahn ist keine andere als die mit dem ursprünglichen Drehungsradius von vorn herein bestimmte und unter denselben Bedingungen auch während der Bewegung sich unverändert gleich bleibende Kreisbahn.

§. 28.

Der mit einem Pol wirkende Centralmagnet übt auf den bipolaren Elektromagneten fortwährend eine gleichzeitige Anziehung und Abstoßung aus. Wirkt z. B. der Centralmagnet mit seinem Nordpol auf den Elektromagneten ein, so zieht er letzteren, in sofern in demselben die Südpolarität herrscht, beständig an und stößt ihn zugleich, sofern dieser ihm mit der Nordpolarität entgegenwirkt, eben so beständig ab. Die einzig mögliche Art, wie dieser zwiefachen Sollicitirung, von einem und demselben Centrum aus, wenn die eine genau eben so stark als die andere ist, in

einer krummlinigen Bewegung gleichmäßig genügt wird, findet vermöge der Circularpolarität in dem rotatorischen Effecte statt, mit welchem der Elektromagnet um den Centralmagneten in einer und derselben unveränderlichen Kreisbahn fort und fort umhergetrieben wird. Eine Abweichung von dieser Kreisbahn wäre nur möglich, indem sich der Elektromagnet dem Centralmagnet entweder näherte oder von ihm entfernte. In jenem Fall würde die Anziehung stärker als die Abstoßung sein; in diesem würde das umgekehrte stattfinden. Indem aber beide Wirkungen gleich gesetzt und, wie die Erfahrung lehrt, wirklich auch im Elektromagneten stets einander gleich sind, so kann der letztere um den Centralmagnet sich in keiner andern Bahn, als in einem sich stets gleich bleibenden Kreise bewegen.

Gesetzt aber es finde statt, was bis jetzt zwar im Gebiet der elektromagnetischen Erscheinungen noch niemals beobachtet worden, aber doch denkbar und vielleicht auch unter geeigneten Bedingungen in Zukunft noch im Experimente darstellbar ist, daß nämlich in der Wechselwirkung zwischen einem Central- und Elektromagneten, letzteren stets als vollkommen frei beweglich gedacht, eine Ungleichförmigkeit der gegenseitigen Reaction, ein Ueberwiegen des einen Polaritätseffectes über den andern einträte, so müßte sofort eine mehr oder minder beträchtliche Modification der normalen Kreisbewegung des Elektromagneten die unausbleibliche Folge davon sein. Es ist von besonderer Wichtigkeit, die in dieser Beziehung möglichen Hauptverhältnisse der Wirkungen kürzlich hervorzuheben, um der Anwendung willen, die wir davon im Gebiet der kosmischen Erscheinungen zu machen Veranlassung haben werden. Es wird daher in den beiden nächstfolgenden Paragraphen das hieher Gehörige seine Erläuterung finden.

§. 29.

Der prägnanteste Fall in der so eben angegebenen Art der Wirkungen würde eintreten, wenn der Centralmagnet mit so übermäßiger Stärke auf den Elektromagneten einwirkte, daß er den Polaritätszustand des letzteren turbirte und ein ähnlicher Erfolg, wie unter dem Einfluß eines kräftigen Magneten auf den Polaritätszustand einer kleinen Magnetnadel daraus hervorginge; indem nämlich der mächtige Pol des Centralmagneten die ihm entgegen gekehrte repulsive Polarität des Elektromagneten entschieden zurückdrängte und allein den attractiven Polareffect in so überwiegendem Maße hervortreten ließe, daß der Elektromagnet, statt um den Centralmagnet zu rotiren, in gradliniger Richtung direct von letzterem angezogen würde.

Im Gebiet der experimentellen Erscheinungen des Elektromagnetismus ist ein solcher Erfolg, wie gesagt, bis jetzt weder dargestellt, noch darzustellen beabsichtigt worden, wenn man nicht den Erfolg, in welchem Eisenfeilspähne von einem Elektromagneten angezogen und festgehalten werden, in sofern als einen hieher gehörigen Fall betrachten will, in wiefern derselbe nicht mit Unrecht als eine Verwirklichung des umgekehrten Bedingungsverhältnisses gelten kann. Im Gebiet der Gravitation stellt sich dagegen der genannte Erfolg in der That mit jedem zur Erde fallenden Stein dar. Denn die weiteren Erfahrungen und Entwickelungen werden es lehren, daß die Schwere nur der überwältigende Attractionseffect ist, den die mächtige Gesammtmasse der Erde lediglich in der Nähe auf die übrigen ihr gegenüber unendlich kleinen irdischen Massen ausübt, daß im Allgemeinen hingegen die Grundform der Wechselwirkung der Massen nicht sowohl attractorisch, als vielmehr attractiv und repulsiv zugleich, d. h. rotatorisch ist. Schon **Copernicus** ist diesem Gedanken bei der Ausbildung seines Systems so nahe gewesen, daß nicht zu bezweifeln ist, er würde, wenn er den Elektromagnetismus vollständig genug gekannt hätte, dessen Wirkungsformen auch auf die Wirkungen, aus denen die Bewegungen der Weltkörper fließen, übertragen haben. **Newton** dagegen, dessen Naturansicht fast nicht weiter als das empirische Bewußtsein der bloßen sinnlichen Wahrnehmung reichte, hat, wie es überall unter der Herrschaft bloß materieller und mechanischer Auffassungsweise zu geschehen pflegt, die wahren Verhältnisse der Erscheinungen verkehrt und auf den Kopf gestellt, indem er den bloß partiellen Anziehungseffect der Nähe zur universellen Gravitation erhob und die Schwere über alles setzte, während er den wirklich universellen rotatorischen Bewegungsantrieb auf einen partiellen Tangentialanstoß reducirte oder daraus herleitete.

Doch was die Uebertragung der elektromognetischen Thätigkeitsformen auf die kosmischen anbetrifft, so wird davon weiter unten im Zusammenhange die Rede sein; wir wollen für jetzt nur noch kürzlich mit dem folgenden Paragraphen die Modificationen in Betracht ziehen, welche für die Kreisbewegung eines Elektromagneten um einen Centralmagnet möglicher Weise stattfinden würden, wenn in dem Elektromagneten selbst ein Unterschied in der Stärke seiner beiden Polaritäten durch ein relatives Uebergewicht der einen über die andere einträte.

Die merkwürdige Stelle bei Copernikus, welche vom Newton'schen Standpunkte aus beurtheilt, so erscheint, als wäre in ihr nur von der Zusammensetzung der kreisförmigen und geradlinigen Bewegung fallender Körper, deren Copernicus allerdings dort auch erwähnt, die Rede, spricht weit mehr aus, nämlich die Anschauung,

welche die rotatorische Bewegung als die ursprüngliche, allgemeine, als Identität von Bewegung und Ruhe, und die geradlinige Bewegung fallender Körper nur als eine partielle anomale Abweichung von jener betrachtet. Die Stelle lautet so:

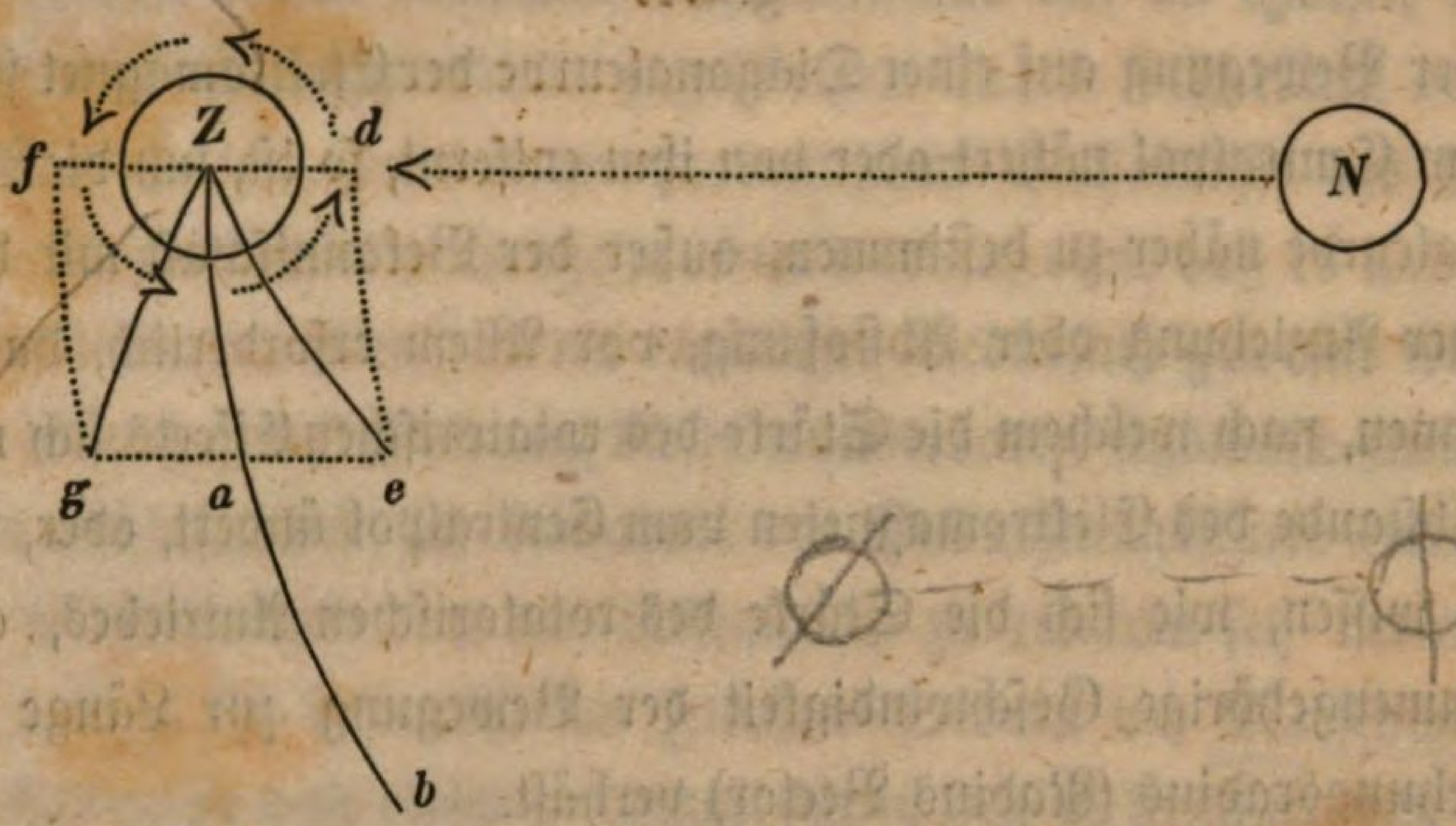
„In loco non alius quam circularis est motus, qui manet in se totus quiescenti similis. Rectus autem supervenit iis, quae a loco suo naturali peregrinantur, vel extruduntur, vel quomodolibet extra ipsum sunt. Nihil autem ordinationi totius et formae mundi tantum repugnat, quantum extra locum suum esse. Rectus ergo motus non accidit, nisi rebus non recte se habentibus, neque perfectis secundum naturam, dum separantur a suo toto et eius deserunt unitatem. Praeterea quae sursum et deorsum aguntur, etiam absque circulari, non faciunt motum simplicem uniformem et aequalem. — Circularis autem aequaliter semper volvitur: indeficientem enim causam habet: illa vero desinere festinantem per quem consecuta locum suum cessant esse gravia vel levia, cessatque ille motus. Cum ergo motus circularis sit universorum, partium vero etiam rectus, dicere possumus manere cum recto circularem, sicut cum aegro animal.“

Revolut. Lib. I. cap. VIII.

An der Vergleichung beim Schlusse: „sicut cum aegro animal“ haben wohl schon sehr Viele und die Meisten sich gestoßen; so Mulerius der in seiner Ausgabe von *Copernici Revolutionibus*, Amsterd. 1617: aegro mit equo zu vertauschen vorschlägt, in der Meinung, der Sinn der Stelle sei, daß der geradlinigen Fallbewegung der Trieb zur kreisförmigen verbleibe, wie dem Pferde die Allgemeinheit des Thieres. Nach Lichtenberg, der sich mit Recht gegen das Verfehlte dieser Conjectur erklärt, soll der Sinn sein, daß, so wie der Zustand eines Kranken aus der Natur des Thieres und der Krankheit bestehe, eben so die Fallbewegung aus der geradlinigen und kreisförmigen zusammengesetzt sei. Aber auch das erscheint nicht geeignet, den Ansprüchen einer ungezwungenen Deutung zu genügen. Der Ansicht des Verfassers nach muß entweder animal nicht in dem beschränkteren Begriff des Thieres, sondern in der umfassenden Bedeutung des Beseelten, Lebendigen überhaupt genommen werden, wie es z. B. bei Cicero heißt: Inanimum est omne, quod pulsu agitatur externo; quod autem est animal, id motu cietur interiore et suo. Nam haec est propria natura animi atque vis. (*Tusculan. Quaest.* L. I. c. 23) oder es muß die sehr wahrscheinliche Lesart: anima für animal gewählt werden: dann ist der klare Sinn der, daß die geradlinige Bewegung von der ursprünglichen Rotationsbewegung nur so, wie die Krankheit vom Leben schlechthin, einen bloßen Specialfall darstelle.

§. 30.

Wenn in nachstehender Figur der Elektromagnet in **Z** nach seiner durch die Pfeile angedeuteten Polaritätsrichtung vermöge des nordpolaren Centralmagneten in **N** in Bewegung geräth, so wird er sich in der Richtung **Zab** mit seinem Mittelpunct durch den zum ursprünglichen Drehungsradius **NZ** gehörigen Kreis, von dem **Zab** ein Bogen ist, bewegen, so lange jene Bedingungen dieselben bleiben und so lange die Süd- und Nordpolarität des Elektromagneten, wie es bisher der Erfahrung gemäß stets angenommen worden, eine durchaus gleiche Stärke haben.



Gesetzt aber, die letztere Bedingung finde nicht statt und es sei, wie wir zuerst annehmen wollen, die Südpolarität in dem Elektromagneten stärker als die Nordpolarität, so wird auch die Anziehung des Elektromagneten nach **N** hin stärker als seine Abstoßung nach der entgegengesetzten Richtung sein. Er wird sich mithin nicht mehr in dem zum Radius **NZ** gehörigen Kreise bewegen, sondern von letzterem, durch eine Annäherung nach **N** hin, gleich von Anfang der Bewegung an abweichen. Nehmen wir an, daß in derselben Zeit, in welcher der Punct **Z**, wenn die Stärke der Polaritäten gleich wäre, sich durch den Kreisbogen **Za** bewegte, jetzt vermöge des Uebergewichts der Anziehung an und für sich allein der Elektromagnet mit dem Puncte **Z** durch den Raum **Zd** gezogen werden würde: so wird also in der nämlichen Zeit, unter dem vereinten Einfluß beider Wirkungen, der Elektromagnet sich so bewegt haben, daß der Punct **Z**, statt in **a** angekommen zu sein, sich in **e** befinden wird, wenn **ae** = **Zd** ist, d. h. der Elektromagnet wird in dieser Zeit mit dem Puncte **Z** die Diagonalcurve **Ze** des Parallelogramms **Zaed** durchlaufen haben. Wenn dagegen die Nordpolarität des Elektromagneten so viel stärker als

seine Südpolarität wäre, daß in Folge der dadurch bewirkten Abstoßung an und für sich allein der Punct Z nach f getrieben werden würde, in derselben Zeit, während welcher er, bei gleicher Stärke der Polaritäten abermals den Kreisbogen Za zurückgelegt hätte: so erhellt eben so, wenn ag=Zf genommen und das Parallelogramm Zagf beschrieben wird, daß während der nämlichen Zeit unter dem gemeinschaftlichen Einfluß beider Wirkungen der Elektromagnet die Diagonalcurve Zg dieses Parallelogramms mit dem Puncte Z beschrieben haben wird. Die Anwendung dieser einfachen Bestimmungen auf die kosmischen Bewegungen wird sich baldigst ergeben.

§. 31.

Da bei der Bewegung auf einer Diagonalcurve der Elektromagnet sich mit jedem Moment dem Centralpol nähert oder von ihm entfernt, so ist, um die Beschaffenheit der Diagonalcurve näher zu bestimmen, außer der Bekanntschaft mit dem besonderen Gesetz der Anziehung oder Abstoßung, vor Allem erforderlich, das allgemeine Gesetz zu kennen, nach welchem die Stärke des rotatorischen Effects sich mit dem verschiedenen Abstande des Elektromagneten vom Centralpol ändert, oder, welches dasselbe ist, zu wissen, wie sich die Stärke des rotatorischen Antriebes, also auch die damit zusammengehörige Geschwindigkeit der Bewegung zur Länge des entsprechenden Drehungsradius (Radius Vector) verhält.

Dieses Gesetz ist bald nach der Entdeckung des Elektromagnetismus durch Biot und Savart aus den Schwingungen einer Magnetnadel unter verschiedenen Abständen vom Schließungsdrahte ermittelt und seitdem auch noch auf anderen Untersuchungswegen vielfach bestätigt worden. Der einfache Ausdruck desselben ist folgender. Die Stärke des rotatorischen Antriebes oder die Geschwindigkeit der im Kreise fortschreitenden Bewegung eines Elektromagneten verhält sich umgekehrt, wie sein Abstand von dem auf ihn einwirkenden magnetischen Centralpol, oder sie verhält sich umgekehrt wie der jedesmalige in diesem Abstand gegebene Drehungsradius. Wenn also z. B. unter übrigens gleichen Bedingungen die Länge des Drehungsradius sich verdoppelt, so wird der Bewegungsantrieb nur halb so groß und wenn seine Länge nur halb so groß ist, so wird der Bewegungsantrieb zweimal so groß, als er bei der zur Einheit angenommenen Länge des Drehungsradius sich vorfindet, u. s. f.

Es ist hiemit unmittelbar durch die Erfahrung dargethan, daß die in der Entfernung sich äußernde Wirkung der Anziehung und Abstoßung, sofern dabei ihre

Intensität von dem Zwischenraum abhängig ist, kein anderes, als das natürliche Verhältniß des einfachen Raumes, und nicht des quadratischen, wie seit Newton überall als Grundgesetz dafür angenommen ist, befolge. Wenn eine Masse durch das zwiefache des von ihr ursprünglich eingenommenen Raums verbreitet, in der damit bewirkten Aenderung ihres specifischen Gewichts ein anderes Verhältniß befolgte, als dasjenige, nach welchem dieses Gewicht nur die Hälfte des anfänglichen betrüge, so würde das nicht allein, weil es der Erfahrung entgegen wäre, sondern auch an und für sich, als eine große des Aufschlusses bedürftige Anomalie angesehen werden. Daß aber die Anziehungsthätigkeit der Sonne gegen die Planeten, durch den zwiefachen Raum verbreitet, nicht ebenfalls auf die Hälfte, sondern auf ein Viertel der dem einfachen Raum zugehörigen Stärke beschränkt, daß sie überhaupt nicht im einfachen, sondern im quadratischen Verhältnisse des Raums vermindert werde, ist von Newton ausgesprochen worden, ohne daß es weder ihm noch einem seiner unbedingten Verehrer ein ernstliches Bedürfniß gewesen wäre, bis auf den einfachen Grund zur Aufklärung dieser wunderbaren Anomalie zurück zu gehen. Denn daß sie nicht so, wie die Abnahme der Beleuchtungsstärke einer Fläche in verschiedenen Entfernungen von der Lichtquelle, zu erklären sei, bedarf kaum der Erwähnung, weil es sich hier nicht um Flächen- sondern um Massenwirkung handelt. Diese Anomalie galt vielmehr, zumal seit in den elektrischen und den gemeinen magnetischen Anziehungs- und Abstoßungserfolgen ein gleiches Verhalten wie das kosmische bemerkt worden war, als ein schlechthin allgemeines, über weitere Begründung gänzlich hinaus liegendes Gesetz. Und doch ist es so leicht, darin eine bloß zusammengesetzte Regel zu erkennen und diese auf den einfachen Ausdruck des obigen elektromagnetischen Grundgesetzes zurückzuführen. Während nämlich die Sonne den Planeten anzieht, muß dieser sich zugleich anziehend gegen die Sonne verhalten, eben so wohl als der Magnet das Eisen nur unter der Bedingung, daß dieses auch anziehend auf ihn zurückwirke, anzuziehen vermag. Wird nun in einer bestimmten Entfernung das Resultat der beiderseitigen gemeinsamen Anziehung als Einheit angenommen, so wird z. B. in der doppelten Entfernung die geäußerte Anziehungsstärke auf jeder Seite allein lediglich dem einfachen räumlichen Verhältnisse folgen und nur halb so groß als im Anfange sein, das Product der beiderseitigen Simultanwirkung aber wird eben deshalb nur ein Viertel jener als Einheit gesetzten Wirkungsgröße der einfachen Entfernung betragen und damit dem quadratischen Verhältnisse des Raumes entsprechen. Der letztere Erfolg gilt also nicht mehr als unmittelbarer Ausdruck einer Fundamentalbestimmung, sondern er ist

bereits ein zusammengesetztes Resultat des allgemeinen und eigentlichen Grundgesetzes, nach welchem die Elementarwirkungen der Anziehung und Abstoßung nicht das quadratische, sondern überall nur das einfache Verhältniß des Raumes befolgen.

§. 32.

Wenn mithin das attractive oder repulsive Verhalten zweier Massen von der Art ist, daß ihre auf einander geäußerte Wirkung zwar eine gegenseitige bleibt, aber nicht zu einer einzigen zusammengreift, so daß sie sich nicht zu Bewegungen in einer für beide gemeinschaftlich gültigen geradlinigen Richtung, sondern zu Bewegungen in verschiedenen, den Umständen gemäß gestalteten Curven sollicitiren, so kann die Wirkungsgröße dabei auf keiner Seite jemals dem Quadrate des Raums entsprechen, sondern sie muß, dem Grundgesetze gemäß, auf jeder von beiden Seiten immer nur wie der einfache Raum sich verhalten.

Daher geschieht es eben mit Nothwendigkeit, daß ein Elektromagnet und ein gewöhnlicher Magnet, weil jeder von ihnen den andern auf seine Weise für sich, in einer besondern Bahn sollicitirt, immer nur, wie die Erfahrung gelehrt hat, nach dem einfachen umgekehrten Verhältniß des räumlichen Abstandes auf einander wirken.

Daher kann auch bei der Bewegung der Weltkörper als eigentliches Grundgesetz nicht das Newtonische Attractionsgesetz gelten, sondern nur dasjenige, nach welchem die Wirkung einfach dem Raume proportional ist.

Das Newtonische Gesetz würde für die kosmischen Erscheinungen eine Naturwahrheit sein, wenn die Wechselwirkung der Weltkörper, durch welche sie sich zu Bewegungen bestimmen, in nichts anderem bestände, als daß sie sich nur in geradliniger Attraction sollicitirten. Die Newtonische Naturansicht traut ihnen in der That weiter nichts als nur dies zu, sie setzt lediglich nur dies voraus und läßt hingegen das, was gerade die Hauptsache ist, nämlich den rotatorischen Effect, als etwas durch eine ganz fremdartige, nur von außen her irgendwie hinzugekommene Ursache, geschehen. Daher ist das System Newtons nur ein künstliches, dem die objective Gültigkeit mangelt und sein Attractionsgesetz ist kein allgemeines kosmisches Gesetz, sondern nur eine untergeordnete Specialform desselben, für den ledig-

lich in gradliniger Bewegung sich äußernden Effect der Nähe, wie er z. B. in der Wirkung der Schwere statt findet. (Vergl. §. 29.) Die wesentliche Seite in dem durch Bewegung sich äußernden Verhalten der kosmischen Massen gegen einander ist dagegen die offenbar ihnen selbst und ihrer Wechselwirkung von innen heraus angehörige rotatorisch-progressive Bewegung und für diese kann es eben kein anderes Grundgesetz geben, als das durch Erfahrung und a priori auch für die rotatorische Bewegung eines Electromagneten um einen magnetischen Centralpol gültige Gesetz, daß die Wirkung ganz in schlichter Einfachheit dem Raume proportional ist.

Ganz anders als bei der Wechselwirkung zwischen einem gewöhnlichen Magnet und Elektromagnet verhält es sich dagegen mit der von zwei Elektromagneten gegen einander geübten Wechselwirkung. Hier findet wieder von beiden Seiten ein gleichförmiges und zu einem gemeinsamen Effect zusammengreifendes Verhalten statt, so daß sie sich abermals nur zu Bewegungen in gradliniger Richtung gegen einander bestimmen. (Vergl. §. 21, 22.) Und hier zeigt sich denn auch, wie es mehrfach, namentlich von Ampere bewiesen worden, die Wirkungsgröße wiederum im umgekehrten quadratischen Verhältnisse des directen räumlichen Abstandes jeder zwei auf einander wirkender Massenpunkte der beiden Elektromagnete.

§. 33.

Es hat sich mit der Auffassung der hieher gehörigen Erscheinungsverhältnisse eine im Leben und in der Wissenschaft oft genug vorkommende Erfahrung wiederholt. Nachdem man nämlich die bloße Modification eines Gesetzes lange genug als das vollständige Gesetz selbst betrachtet hat, so ist man in Gefahr, wo sich das letztere später einmal seiner eigentlichen Gestalt nach darbietet, diese als eine Anomalie anzusehen, und wohl selbst zu versuchen, sie als solche der vermeinten Allgemeinheit unterzuordnen. Daß die Wirkung eines Elektromagneten nicht nach der zweiten sondern nach der ersten Potenz des räumlichen Abstandes stattfinde, galt in der That als eine Ausnahme vom Gesetz, und der berühmte **Laplace** unternahm es, sie auf das vermeinte Grundgesetz zurückzuführen, indem er durch Rechnung bewies, daß die kleinsten Massentheilchen des elektromagnetischen Schließungsdrahtes in ihrer Wirkung das quadratische Verhältniß des Raumes befolgten und daß nur die Gesammtwirkung derselben in einem sehr langen Schließungsdrahte auf ein der ersten Potenz entsprechendes Resultat hinauslaufe.

Gegen den Scharfsinn und die Richtigkeit des Calcüls haben wir nichts einzuwenden; aber das Ergebniß ist nichtsdestoweniger unstatthaft, weil die Voraus-

setzungen, nach welchen die Rechnung geführt ist, unzulässig und physikalisch unrichtig sind. Schon aus dem Widerspruch mit einer andern bekannten Wahrheit läßt sich dies folgern; denn wenn die Molecüle eines Elektromagneten im quadratischen Verhältnisse der Entfernung wirken, so müssen zwei Elektromagnete mit je zweien ihrer Molecüle im Verhältniß der vierten Potenz ihres Abstandes sich einander anziehen oder abstoßen, während dies doch nur, wie kurz zuvor oben angeführt worden, (§. 32) im quadratischen Verhältnisse stattfindet. Die unrichtige Voraussetzung aber besteht darin, daß angenommen worden ist, ein unbestimmt langer Schließungsdraht wirke mit allen seinen Punkten auf den an einer bestimmten Stelle ihm gegenüber befindlichen Pol eines Magneten gleichzeitig und auf einmal ein. Jeder Physiker aber, der sich nicht etwa bloß auf die Hypothese der elektrischen Strömung und auf bloße Berücksichtigung abstracter mathematischer Qualitäten bei Betrachtung des Elektromagnetismus beschränkt, sondern der sich die Auffassung der eigentlich physikalischen, specifischen Eigenthümlichkeiten der dahin gehörigen Erscheinungen hat angelegen sein lassen, muß es wissen, daß ein einzelner Punkt eines Elektromagneten seine Wirksamkeit eigentlich nur in der Ebene äußert, welche senkrecht auf der Axe des Elektromagneten durch den nämlichen Punkt gelegt ist. Alle zunächst über und unter dieser Ebene befindlichen Punkte haben zwar Antheil an der Wirkung jenes Punktes, aber nicht direct, indem sie ihrerseits wieder nur in den ihnen zugehörigen Ebenen den Haupttheil ihrer Thätigkeit äußern und auf die benachbarten lediglich durch die in der gemeinschaftlichen Wirksamkeit liegende Erhöhung der Thätigkeit aller, einen allerdings nicht unbeträchtlichen, Einfluß üben. Die Gränzen aber, innerhalb welcher nach der Länge des Schließungsdrahtes die Wirkung eines solchen Einflusses wahrnehmbar ist, umfassen nur einen verhältnißmäßig geringen Raum, so daß selbst schon bei den ersten Versuchen es sich bald herausstellt, daß unter sonst gleichen Bedingungen die Magnetnadel vor einem Schließungsdrahte bei einigen Fußen nicht anders als bei nur eben so viel Zollen der Länge desselben afficirt werde. Das Verhalten kann also nicht als eine durch die Länge hervorgebrachte Modification der Gesammtwirkung der Massentheilchen des Schließungsdrahtes angesehen, sondern es muß darin vielmehr das Grundgesetz anziehender und abstoßender Wirkungen in ihrem Verhältniß zum Raum, wie es nicht nur den Elektromagneten, sondern überhaupt allen attractiv und repulsiv wirksamen Massen schlechthin im Ganzen und in ihren kleinsten Theilen angehört, erfaßt und anerkannt werden.

§. 34.

Indem es also feststeht, daß bei der Bewegung eines Elektromagneten um einen Centralpol die Bewegungsantriebe oder die davon abhängige Geschwindigkeit der Bewegung den jedesmaligen Drehungsradien umgekehrt proportional sind, so ist damit zugleich eine zweite Bestimmung, die mit jener in so enger Verbindung steht, daß beide fast nur als verschiedene Ausdrücke einer und derselben Wahrheit zu betrachten sind, zu einem allgemein gültigen Gesetz erhoben. Es muß nämlich die Bewegung eines Elektromagneten um einen magnetischen Centralpol unter allen Umständen, auch wenn sie unter Voraussetzungen wie in §. 30 ganz oder zum Theil in Diagonalcurven stattfände, stets der folgenden Bedingung unterworfen sein:

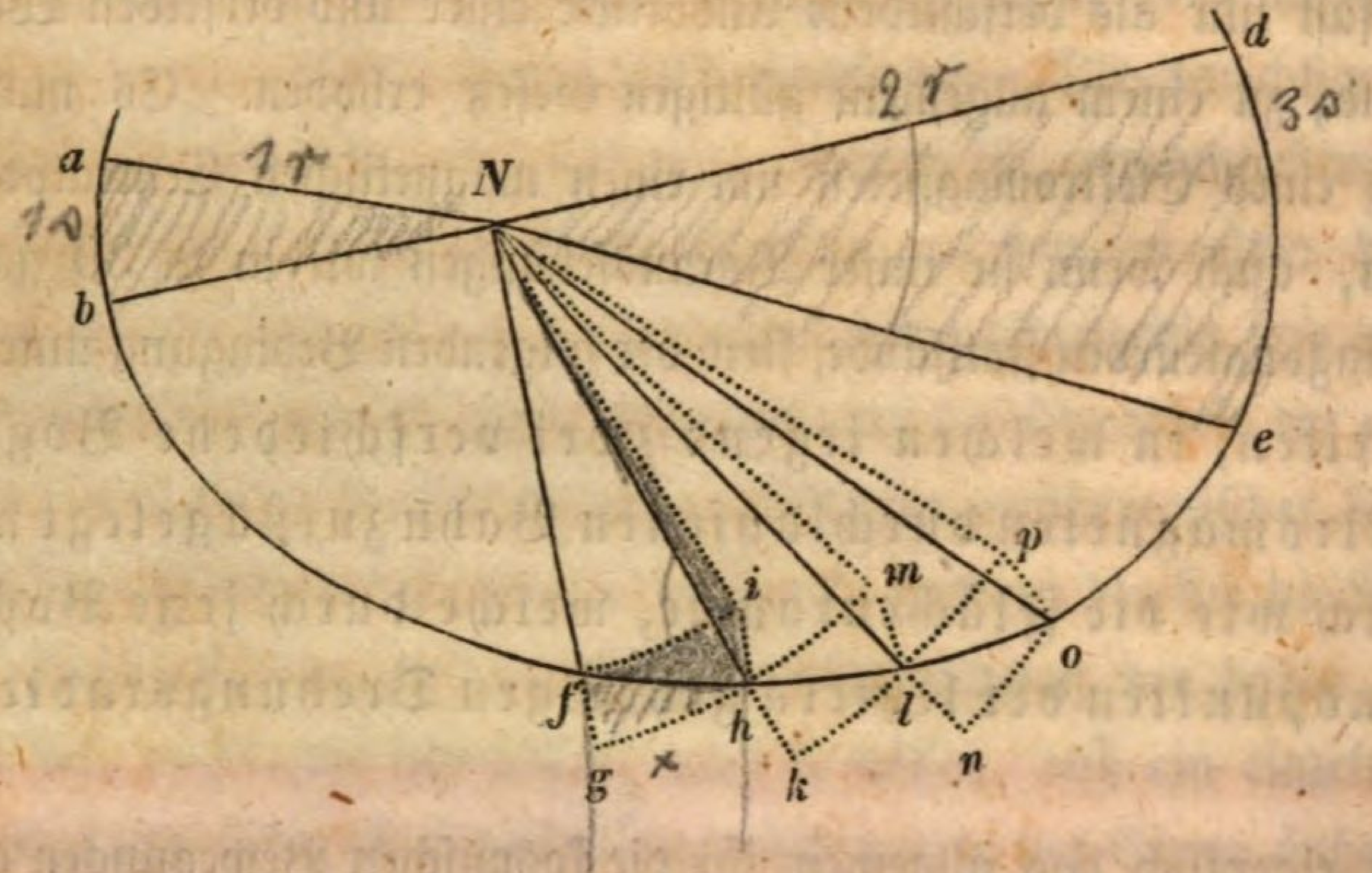
Die Zeiten, in welchen irgend zwei verschiedene Bogen der von dem Elektromagneten durchlaufenen Bahn zurückgelegt werden, verhalten sich wie die Flächenräume, welche durch jene Bogen und die zu den Endpunkten der letztern gehörigen Drehungsradien begränzt werden.

Dies ist eigentlich das allgemein für die kosmischen Bewegungen gültige zweite Kepplersche Gesetz, auf das wir als solches im folgenden Abschnitte zurück kommen werden. Jedoch ist es von Wichtigkeit, schon hier den innigen Zusammenhang und die Wechselbestimmung, unter welchen die beiden Gesetze zu einanderstehen, ganz besonders in's Auge zu fassen. Das Gesetz, nach welchem die Wirkung in der Entfernung sich wie der Raum verhält, bedingt auch das Gesetz, nach welchem die Zeit sich wie der durchlaufene Flächenraum verhält (das zweite Kepplersche Gesetz), denn dies letztere ist nur die Erweiterung des ersteren, indem das eine für den Längenraum, wie das andere für den Flächenraum gilt; weil die Zeit hier der Geschwindigkeit und die Geschwindigkeit der Intensität der Wirkung entspricht. Und umgekehrt, wo das zweite Gesetz (das Kepplersche zweite Gesetz) gilt, da muß um so mehr auch das erste Gesetz gültig sein; wonach wir in der Folge die Behauptung werden geltend machen können, daß im Weltraum, wo das zweite Kepplersche Gesetz als allgemein kosmisches Gesetz herrschend ist, nicht zugleich auch das Newtonische Gesetz, dem zufolge die Wirkung das quadratische Verhältniß des Raumes befolgen soll, gelten könne, sondern daß da eben so auch das erste Gesetz, nach welchem die Wirkung ganz einfach dem Raume selbst proportional ist, das eigentlich herrschende sein müsse.

Wir wollen nun also zunächst nur im Gebiet der elektromagnetischen Bewegungen den Beweis führen, daß mit dem ersten Gesetze (§. 31) nothwendig auch das oben angegebene zweite jeder Zeit verbunden sein müsse.

Wenn fürs erste die von dem Elektromagneten durchlaufenen Bogen als Kreisbogen gelten können, deren Mittelpunkt im magnetischen Centralpol liegt, so ist die Richtigkeit der Behauptung alsbald an und für sich klar.

Es werde z. B. gemäß der folgenden Zeichnung, um den Centralpol **N** ein Elekromagnet unter Bedingungen wie in §. 30 durch die Bahn **absfoed** geführt,



es seien aber die Bogen **ab** und **de** wirkliche Kreisbogen oder als solche zu betrachten, deren Centrum in **N** ist. Die Sectoren, welche durch diese Bogen und die Drehungsradien ihrer Endpunkte begränzt werden, sind **aNb** und **eNd**. Der letztere sei z. B. dem Flächenraum nach sechs mal größer als jener, indem der Bogen **de** drei mal größer als **ab** und der Drehungsradius **Nd** doppelt so lang als **Na** sei: so muß auch die Bewegung durch den Bogen **ed** sechs mal länger währen, als durch den Bogen **ab**. Denn wenn der Drehungsradius **Nd** zwei mal länger als **Na** ist, so wird die Geschwindigkeit in **d** halb so groß sein als in **a**, (§. 31) und indem nun noch der Bogen **de** drei mal länger als **ab** ist, so wird der Elektromagnet, um **de** zu durchlaufen, sechs mal mehr Zeit als zur Bewegung durch den Bogen **ab** gebrauchen; und so muß also auch in allen Fällen die Bewegungszeit durch die Bogen dem Flächenraum der zugehörigen Sectoren proportional sein, wenn die Bogen als zum Centralpol gehörige Kreisbogen gelten können.

Es muß aber zweitens auch dann, wenn der eine der beiden Bogen oder wenn jeder von ihnen schiefe Winkel mit den Drehungsradien ihrer Endpunkte bildet, so daß sie lediglich in dem Sinne von §. 30 als Bogen von Diagonalcurven zu betrachten sind, dieselbe Proportionalität stattfinden. Man kann sich z. B. den Bogen **fo** als eine Reihe von so vielen Diagonalcurvenbogen, als man will, vorstellen, die successiv

aus dem rotatorischen Antrieb und einem überwiegenden Abstoßungseffect entstanden sind. Am Endpunkte f des Drehungsradius Nf führe der rotatorische Antrieb den Elektromagneten durch den Kreisbogen fi in derselben Zeit, in welcher durch das Uebergewicht der Abstoßung der Elektromagnet nach g getrieben sein würde: so beschreibt er unter dem gleichzeitigen Einfluß beider Wirkungen in der nämlichen Zeit den Bogen fh; eben so aus hm und hk den Bogen hl und aus lp und ln den Bogen lo. Der Kreissector fNi ist an Flächeninhalt gleich dem Sector fNh, weil beide eine gemeinschaftliche Grundlinie fN und eine gleiche Höhe zwischen den Parallelen Ng und hi haben; indem zugleich die Bogen fh und fi wegen ihrer Kleinheit, da man sich die Anzahl der Sectoren beliebig groß vorstellen kann, von geraden Linien nicht als verschieden anzusehen sind. Eben so sind auch die Kreissectoren hNm, lNp respective den Curvensectoren hNl, lNo gleich. Wenn nun z. B. der Sector fNo sechs mal größer als aNb ist, so sind auch die sämmtlichen genannten Kreissectoren zusammen genommen sechs mal größer als aNb. Daher wird auch die Zeit der Bewegung durch ihre Bogen fi, hm, lp zusammen genommen, nach dem was oben bereits für Kreissectoren als gültig erwiesen worden, sechs mal größer sein, als durch den Bogen ab. Folglich muß auch, da fh und fi, eben so wie hl und hm, lo und lp in gleicher Zeit zurückgelegt werden, die Zeit der Bewegung durch alle zusammen genommen, nämlich durch fo sechs mal länger als durch ab währen, und es müssen somit gleichfalls die Zeiten, in welchen die Bogen fo und ab durchlaufen werden, sich wie die Flächenräume der zugehörigen Sectoren fNo und aNb verhalten, oder es wird überhaupt die Bewegungszeit durch irgend einen Bogen dem Flächeninhalt des zugehörigen Sectors, oder wie es auch ausgedrückt zu werden pflegt, dem vom Drehungsradius (Radius Vector) beschriebenem, (durchlaufenem) Flächenraume proportional sein.

§. 35.

Wir schreiten nunmehr in dem folgenden Abschnitt zur Anwendung der bisherigen Erörterungen, indem wir sie mit Erfolg zur Erklärung der kosmischen Bewegungen benutzen werden. Es darf hier übrigens nachträglich und schließlich die Bemerkung wohl kaum noch umständlich angeführt werden, daß die oben §. 31 und 34 entwickelten und bewiesenen elektromagnetischen Bewegungsgesetze immer nur für einen und denselben, in der Beschaffenheit seiner Wirkung und in der Stärke seiner Reaction gegen den magnetischen Centralpol während der jedesmaligen Bewegung sich durchaus gleich bleibenden Elektromagneten gelten, oder daß, wenn sie auf zwei oder mehr zugleich in Bewegung begriffene Elektromagnete bezogen werden sollen,

sie nur gelten können, in sofern dabei die letzteren sämmtlich in der Art und Stärke ihrer Wirkung einander durchaus gleich sind.

Wenn z. B. ein und derselbe Elektromagnet einen magnetischen Centralpol in verschiedenen Entfernungen umkreist, so wird, eine und dieselbe Intensität seiner Wirkung während des vorausgesetzt, seine Geschwindigkeit vermöge §. 31 überall den verschiedenen Entfernungen umgekehrt proportional sein. Die Zeiten also, in welchen er in den verschiedenen Entfernungen die respectiven Umläufe in den Kreisbahnen vollendet, werden durch das Verhältniß dieser Geschwindigkeiten aus den respectiven Bahnlängen bestimmt werden. Wenn z. B. die Entfernung oder der Drehungsradius bei der einen Kreisbahn noch ein mal so groß als bei der andern ist, so wird in jener die Geschwindigkeit der Bewegung nur halb so groß als in dieser sein, und da jene Bahn vermöge des doppelt so großen Radius auch selbst noch ein mal so lang als die andere ist, so wird bei jener die Umlaufzeit vier mal größer als bei dieser sein. Ueberhaupt werden sich alsdann auch unter andern Verhältnissen der Entfernungen oder der damit bestimmten Drehungsradien die Umlaufzeiten immer wie die Quadrate dieser Entfernungen oder Drehungsradien verhalten.

Wenn aber zwei verschiedene Elektromagnete sich um einen und denselben magnetischen Centralpol in gleichen oder verschiedenen Entfernungen bewegen, so können die oben bewiesenen Gesetze nicht in Bezug auf sie geltend gemacht, und eben so wenig ähnliche Folgerungen, wie die so eben angeführten, hinsichtlich der Umlaufzeiten und sonstigen Bewegungsverhältnisse dieser verschiedenen Elektromagnete daraus hergeleitet werden, so lange man nicht etwa weiß, daß sie in der Stärke ihrer Reaction einander vollkommen gleich sind, oder, wenn auch diese Gleichheit nicht stattfindet, so lange man überhaupt wenigstens nicht aus andern Gründen das Verhältniß der Stärke dieser verschiedenen Reaction derselben mit Bestimmtheit kennt, um danach das Weitere zu entscheiden. Denn da sie als verschiedene Massen ihre Erregung und die Intensität ihrer Wirkung auch verschiedenen Quellen verdanken und unter verschiedenen Bedingungen erhalten können, so sind die Erfolge einer solchen Modification unterworfen, daß alle Vergleichbarkeit derselben aufhört und nach den allgemeinen Gesetzen nichts über sie entschieden werden kann, sofern nicht nach anderweitigen Bestimmungen das gegenseitige Verhältniß der Stärke ihrer Reaction vorher vollkommen bekannt ist.

Zweiter Abschnitt.

Die Bewegung der Himmelskörper.

Das erste und zweite Keppler'sche Gesetz.

§. 36.

Die beiden in §. 31 und 34 dargelegten Gesetze stehen, wie schon dort bemerkt, in so innigem und unzertrennlichem Zusammenhange mit einander, daß ein jedes von ihnen sich als die nothwendige Folge des andern darstellt, und daß beide nur als wesentlich integrirende Bestandtheile einer und derselben Wahrheit erscheinen. Ein jedes von ihnen bestätigt nur auf seine Weise, das eine für den Längenraum, das andere für den Flächenraum den Satz, welchen beide zusammen genommen in noch größerer Allgemeinheit aussprechen, daß nämlich Bewegungen, die durch einen Raum hindurch, so daß sie in ihrer respectiven Geschwindigkeit abhängig von ihm sind, vollzogen werden, sich in Ansehung ihrer Geschwindigkeit oder der in Anspruch genommenen Zeit ganz einfach wie dieser Raum, er sei Längen- oder Flächenraum, verhalten, und in ihrer elementaren Bestimmung durch ihn keiner andern als nur der ersten Potenz desselben folgen. Wo also in irgend einem Bewegungsgebiet das eine jener beiden Gesetze hervortritt, da muß nothwendig auch das andere gültig sein und namentlich muß mit dem zweiten, wenn es für sich zuerst irgend wo aufgefunden worden, auch das erste als ein gleichmäßig mit ihm herrschendes Gesetz gelten, indem es sich als die unerläßliche Voraussetzung zu jenem darstellt.

Nun hat **Keppler**, während er in seinem ersten Gesetze das mit eben so großem als mühevollem Scharfsinn aus zahlreichen Positionsverhältnissen ermittelte Resultat feststellte, daß die Bahnen der Planeten Ellipsen seien, in deren einem Brennpunkte die Sonne stehe, in seinem zweiten Gesetze dargethan, daß die Zeiten, in welchen der zwischen der Sonne und einem Pla-

neten befindliche Drehungsradius (Radius Vector) mit der Bewegung des Planeten die zugehörigen Sectoren oder Flächenräume beschreibt, sich wie diese Sectoren oder Flächenräume selbst verhalten.

Dasselbe Gesetz, welches wir oben (§. 34) für elektromagnetische Bewegungen, wo der Elektromagnet sich um einen Centralpol in Kreisbogen oder Diagonalcurven bewegt, erwiesen haben, gilt damit also auch für die kosmischen Bewegungen, bei welchen die Sonne dem magnetischen Centralpol und der Planet dem Elektromagneten entspricht. Es ist demnach damit schon mehr als wahrscheinlich, daß die Planetenbewegung sofort auch das oben in §. 31 nachgewiesene Gesetz zu ihrer Voraussetzung habe, daß sie nämlich gleichfalls so, wie es bei den Elektromagneten geschieht, auf einem rotatorischen Antrieb beruhen werde, dessen Richtung auf dem jedesmaligen Drehungsradius senkrecht ist und dessen Stärke nebst der davon abhängigen Geschwindigkeit der Bewegung sich umgekehrt wie die Länge des Drehungsradius verhält. Diese Wahrscheinlichkeit wird noch ganz besonders erhöht, wenn man erwägt, daß in der Sonnennähe und Sonnenferne aller Planeten, wo die Antriebsrichtungen offenbar auf dem Drehungsradius senkrecht sind, eben so entschieden auch die Geschwindigkeit d. h. die respective Stärke des Antriebs in der That dem Drehungsradius umgekehrt proportional sei.

Es ist nicht schwer, die obige Wahrscheinlichkeit zur Gewißheit zu erheben und sich davon zu überzeugen, daß das fragliche Gesetz außer dem Aphel und Perihel auch eben so für alle übrigen Punkte der elliptischen Bahn des Planeten gelte, unter der naturgemäßen Voraussetzung, daß der Planet nicht bloß durch ein passives unveränderliches Verhalten allein von der Sonne aus zur Bewegung bestimmt werde, sondern daß auch ihm ein abgemessener Theil an Bestimmungsthätigkeit an der Bewegung zukomme, vermöge welcher die Bahn eben nicht ein Kreis bleibt, sondern sich zur Ellipse gestaltet. Wir haben indeß zuvor jedenfalls noch die Beschaffenheit des gegenseitigen Verhaltens und des Polaritätszustandes, welche einer solchen Wirkung gemäß der Sonne und dem Planeten eigenthümlich sein müssen, näher zu betrachten, um die weitern Folgerungen mit Bestimmtheit daraus herleiten zu können.

§. 37.

Es muß zu dem Behuf hier zunächst vor allem übrigen auf das entschiedenste bemerkt werden, daß, wenn bewiesen werden soll, daß die kosmischen Bewegungen

eben so wie die elektromagnetischen, auf einem rotatorischen Antriebe beruhen, dieses durchaus nicht so zu verstehen sei, als wäre damit gemeint, daß der Thätigkeitszustand der Himmelskörper, in Folge dessen ein solcher rotatorischer Bewegungsantrieb stattfinde, an und für sich selbst mit dem des Magnetismus und Elektromagnetismus identisch sei. Es liegt weder in dem Ausdruck jener Behauptung, noch in ihrer Veranlassung und in den Erscheinungen irgend etwas, was zu einer solchen Auffassung berechtigte, mit welcher vielmehr die wesentlichen Gränzlinien völlig verschiedener Erscheinungsgebiete auf eine eben so unangemessene und in noch höherem Grade naturwidrige Weise in der Vorstellung verwischt werden würden, als es schon in der gewöhnlichen Theorie des Elektromagnetismus und Galvanismus geschieht, wenn darin der Magnetismus auf die bekannte ganz verfehlte Weise mit der Electricität identificirt wird.

Die Einheit und Uebereinstimmung in der Form verschiedener Thätigkeitssphären anerkennen, ist etwas ganz anderes, als eine Einerleiheit des specifischen Gehalts derselben behaupten, welche der Erfahrung und einer vernünftigen Auffassung gleich stark zuwider laufen würde. Wenn man z. B. sieht, daß die gewöhnlichen magnetischen Anziehungs- und Abstoßungserfolge das bekannte Polaritätsgesetz befolgen, nach welchem gleiche Pole Abstoßung, ungleiche Anziehung bedingen, und sodann in den Erscheinungen der Electricität abermals denselben Typus vorfindet, so kann man mit Recht sagen, daß beiden Erscheinungsgebieten gleiche Grundform und ein und dasselbe Fundamentalgesetz zukomme; aber der specifische Unterschied derselben behält nichts desto weniger einen entschiedenen, beide Gebiete mit Bestimmtheit auseinander haltenden Character. Noch viel größer aber ist, ungeachtet der nachzuweisenden Uebereinstimmung in den Wirkungsformen, der Unterschied, welcher zwischen den elektromagnetischen und kosmischen Bewegungen dem eigentlichen Gehalte nach stattfindet. Dieser Unterschied ist nicht nur specifisch, sondern vollends noch durchaus generisch. Der Magnetismus gehört eben so wie die Elektricität den chemischen Functionen des Naturlebens an, beide sind nur modificirte Aeußerungsweisen des chemischen Processes, der die nächste Vorstufe der organischen Wirkungen bildet und die Mitte zwischen diesen und den mechanischen Functionen einnimmt. Die Schwere und die kosmischen Bewegungen eben so wie das Licht erscheinen dagegen in dem Gebiete dieser sogenannten mechanischen Naturthätigkeit auf der Stufe der Urfunctionen, die zwar eine unerschöpfliche Fülle der mannigfaltigsten und bedeutungsvollsten Vorgänge in sich enthält, aber von solcher Art, daß damit noch nicht jene qualitative Umgestaltung und Metamorphose der Masse be-

wirkt wird, welche der Chemismus in Gemeinschaft der Electricität und des Magnetismus als Vorbereitungssphäre der vegetabilischen und animalischen Organisation, ihr dienend und mit ihr kämpfend, herbeiführt.

Es kann also durchaus nicht die Rede sein von Einerleiheit des eigentlichen Princips in der Schwere, den Bewegungen der Himmelskörper und in den durch Elektromagnetismus hervorgebrachten Bewegungen; die Pflege von dergleichen Einerleiheitshypothesen kann solchen Naturforschern überlassen bleiben, die sich eine Vorstellung von der Einheit des Naturlebens in keiner andern Weise zu machen verstehen, als daß sie Nervenzuckungen und Weltkörperbewegungen sammt dem Chemismus und allem was dazwischen liegt, zu elektrodynamischen Wirkungen ihrer gefügigen und den Conjecturen der rechnenden Reflexion stets zu Gebote stehenden elektrischen Strömen auszuprägen versuchen. Wenn wir dagegen auf unserm Standpunkte aussagen oder beweisen wollen, daß die Bewegungen sämmtlicher Glieder des Planetensystems, eben so wie die Bewegungen eines Elektromagneten um einen Centralpol, auf rotatorischem Antriebe beruhen und denselben Gesetzen, wie dort, folgen, so heißt das also nicht, die gegenseitigen Aeußerungen der planetarischen Massen, ihre Antriebe, ihre Anziehung und Abstoßung und die damit erzeugten Bewegungen, wie sie sich beim geradlinigen Fall der Körper und in den elliptischen Bahnen der kreisenden Massen darstellen, bestehen in magnetischen anziehenden und abstoßenden Wirkungen und daraus hervorgehenden Bewegungserfolgen, sondern es ist damit nichts anderes gemeint, als daß diese Anziehungen und Abstoßungen, wie schon die elektrischen Anziehungen und Abstoßungen von den magnetischen völlig verschieden sind, noch vielmehr von beiden an und für sich völlig verschieden, Wirkungen sui generis seien, daß sie aber in der Art und Weise, wie die Anziehung und Abstoßung sich äußern, in der Form und Wirkung der attractiven und repulsiven Polareffecte demselben Typus unterworfen seien und somit nach denselben rotatorischen Impulsen und Bewegungsgesetzen, wie wir dieselben oben bei den elektromagnetischen Bewegungen kennen gelernt haben, vollführt werden.

Wenn Keppler die Planetenbewegung als eine magnetische Wirkung betrachtete, so ist das in seinem Sinn und mit Rücksicht auf die Vorstellungen der damaligen Zeit etwas ganz anderes, als wenn heute noch eine solche Ansicht geltend gemacht würde. Schon ihm kam es dabei weniger auf die Species als die generelle Weise der Thätigkeit an; er verwahrt sich ausdrücklich gegen eine einseitige und beschränkte Anwendung, indem er merkwürdiger Weise gewissermaßen bereits den Begriff der Circularpolarität anticipirt. Dahin gehört unter andern folgende Stelle: „credibile est, in sole non esse ullam vim planetarum attractoriam, ut in ma-

gnete (accederent enim ad solem tantisper, donec cum ipso coniungerentur penitus) sed tantum directoriam, ideoque fibras habere circulares in eam plagam circumporrectas, quae monstratur a circulo zodiaco."

Astronom. nov. αιτιολογ. *Cap XXXIV.*

§. 38.

Hier kann nun der in den einmal gefaßten Vorstellungen seines Systems beharrende Newtonianer, noch ehe er uns zum eigentlichen Beweise des Satzes gelangen läßt, schon mit der abweisenden Vorfrage gegen letzteren auftreten: wie man zur Annahme abstoßender Wirkungen in dem gegenseitigen Verhalten der Weltkörper sich berechtigt halten könne, da doch dieses Verhalten nur in der allgemeinen Schwere, in der Gravitation bestehe, und in der Schwere kein abstoßender Effect, sondern nichts als Anziehung zur Aeußerung komme? Wir nehmen diese Frage hier auf, da sich die noch beizubringenden Erörterungen mit Leichtigkeit an sie anknüpfen lassen; für die einseitig abgeschlossene Newtonische Ansicht spricht sich darin allerdings eine schwer überwindliche, aber nichtsdestoweniger nur auf Irrthum gegründete Schranke aus. Es kann derselben am geeignetsten zunächst wieder durch ein Argument aus der Phänomenologie des gemeinen Magnetismus begegnet werden.

Wenn man einem großen sehr starken Magnet in einiger Entfernung eine kleine Magnetnadel gegenüber hält, so findet, je nach der gegenseitigen Stellung derselben, dem allgemeinen Polaritätsgesetze gemäß, sowohl Abstoßung als Anziehung der einzelnen Pole der Nadel statt. Wird diese letztere aber dem Magnet hinlänglich genähert, so zieht der Magnet mit jedem seiner Pole jeden einzelnen ihm dargebotenen Pol der Nadel ohne Unterschied an und hält ihn als einen freundschaftlichen an sich gefesselt, weil auch in dem Fall, daß der dargebotene Pol ein repulsiver ist, die Uebermacht der Wirkung in der Nähe die Opposition nicht gestattet, sondern sofort durch Verdrängung der feindlichen und Hervorrufung der freundschaftlichen Polarität jeder Zeit einen Anziehungseffect herbeiführt. Wenn also die Polarität des Magneten und der kleinen Magnetnadel nicht sonst schon bekannt wäre, so würde sie aus dem Verhalten der beiderseitigen Wirkung in der Nähe gar nicht wahrzunehmen sein, weil da unter allen Umständen immer nur Anziehung den Erfolg der Wirkung bildet und wenn daher jemand die Beschaffenheit der Wirkung lediglich nur nach diesem Erfolg der Nähe beurtheilte, so würde er die Anziehung einzig und allein zum principiellen Gehalt der Erscheinungen erheben und die wesentlichen, in der Polarität begründeten Formen der Wirkung, wie sie in größerer

Entfernung stattfinden, nur als Modificationen, die durch irgend welche anderweitige Bestimmungen von außen herbeigeführt seien, betrachten.

Gerade so aber, auf demselben Standpunkte der Reflexion befindet sich die Newtonische Betrachtungsweise in ihrem Verhältniß zur Wirklichkeit und Wahrheit der Erscheinungen. Der bloß partielle, zu einer geradlinigen Bewegung modificirte Anziehungseffekt der Schwere in der unmittelbaren Nähe der Erde, ist zu einem allgemeinen Gesetz und Gehalt der Wirkungen erhoben und die allgemeine und wesentliche, durch Polarität bedingte, rotatorische Bewegung dagegen nur als eine überall durch einen fremden und außerwesentlichen Tangentialanstoß herbeigeführte Modification dargestellt worden. Die Kenntniß der Polarität, der klare und tiefe Blick in die Urgesetzlichkeit derselben, wie er nur durch ein über die äußerlichen und bloß mathematischen Bestimmungen hinausgehendes, in die physikalische Eigengenthümlichkeit eindringendes Studium der Polaritätserscheinungen errungen werden kann, geht dem Newtonianismus ab; er weiß nichts von der Nothwendigkeit, mit der jede Anziehung, sich gegenüber, auch eine Abstoßung als Effect oder Tendenz unausbleiblich bedingen muß; er verkennt die ausdruckvollsten Formen des Naturlebens, weil er sie außer Beziehung zur Einheit des letzteren nur nach ihrer Einzelheit auffaßt und es bleibt seinem Bewußtsein verborgen, wie außerordentlich weit er trotz aller Rechnungstaktik von der Wahrheit entfernt steht, indem er das besondere der Erscheinungen unaufhörlich als ein schlechthin allgemeines nimmt und diesem gegenüber wiederum das wirklich allgemeine immer nur zu einem besonderen und zufälligen herabsetzt.

Der obige vom Newtonischen Standpuncte aus gegen die zu entwickelnde Ansicht erhobene Widerspruch kann also nicht als ein Moment gegen dieselbe betrachtet werden, sofern er nur darin besteht, die Newtonschen Voraussetzungen als eine unabänderliche Norm für die Beurtheilung der neuen Ansicht festzuhalten. Vielmehr kommt es darauf an, das alte Vorurtheil der Unfehlbarkeit der Newtonischen Satzungen fahren zu lassen, das Bedürfniß und mit ihm die Möglichkeit, eine befriedigende naturgemäße Anschauung der kosmischen Wirkungen anzuerkennen, die Polaritätsbestimmung als eine in allen Regungen und Aeußerungen des Naturlebens unendlich tief begründete Gesetzlichkeit unablässig vor Augen zu haben, um einen Standpunct freier und unpartheiischer Würdigung dessen, was sich uns im folgenden aus den bisherigen Prämissen alsbald ergeben wird, mit Sicherheit einzunehmen und mit Erfolg zu behaupten.

§. 39.

Wenn ein großer elektrischer Conductor mit unipolarer Erregung auf ein Korkkügelchen, oder wenn ein kräftiger Magnet mit einem seiner Pole auf eine kleine Eisenmasse in einiger Entfernung einwirkt, so erhält in jedem Fall die kleine Masse eine bipolare Erregung, den Anziehungspol auf der zugewandten, den repulsiven Pol auf der von dem Erregungsquell abgewandten Seite, ohne daß die Unipolarität des letztern dadurch eine beträchtliche Modification erlitte. Eben so ist man genöthigt anzunehmen, daß die Sonne durch ihre Einwirkung auf einen Planeten oder Kometen, während ihre Erregung, dem letzteren gegenüber, stets unipolar und ursprünglich auf Einigung und Anziehung gerichtet bleibt, in der Planeten- oder Kometenmasse die bipolare Erregung eines attractiven und eines gleichzeitig damit verbundenen repulsiven Strebens hervorrufe. Diese Bipolarität aber hat, wie das Ganze der Erscheinungen lehrt, hier noch nicht die specifische Sonderung, welche sich in dem höher liegenden Gebiet der chemischen Wirksamkeit bei der elektrischen und magnetischen Erregung bereits als Longitudinalpolarität darstellt, sondern sie erscheint auf dieser niederen Stufe materieller Urthätigkeit noch in derselben Form der eigenthümlichen Verschlungenheit der Polarwirkungen, welche wir als die auch noch in der universellen Gestalt des Magnetismus festgehaltene Form des Elektromagnetismus kennen gelernt haben, sie ist Circularpolarität. Sie hat also auch, wie die Polarität eines jeden Elektromagneten, eine bestimmte Axe, welche in einer durch die Mittelpuncte beider Körper gehenden Ebene auf der beiderseitigen Verbindungslinie senkrecht steht und es ergiebt sich demgemäß zuvörderst, eben so wie der Elektromagnet um seinen Centralpol kreist, eine ursprünglich kreisförmige Bewegung des Planeten oder Kometen um die Sonne, in einer Ebene, welche die Mitte dieser Polaritätsaxe schneidet und auf ihr, so wie auf jener eben vorhin genannten Ebene, senkrecht steht. Diese Polaritätsaxe ist also nicht zu verwechseln mit der Rotationsaxe des Planeten, die vielmehr, wie es scheint, an sich und in ihrer Neigung gegen die Bahnebene des Planeten, eben sowohl als dessen Axendrehung selbst, von den universellen kosmischen Bewegungsverhältnissen zum großen Theil unabhängig und nur in individuelleren Thätigkeitsbedingungen des Weltkörpers begründet ist.

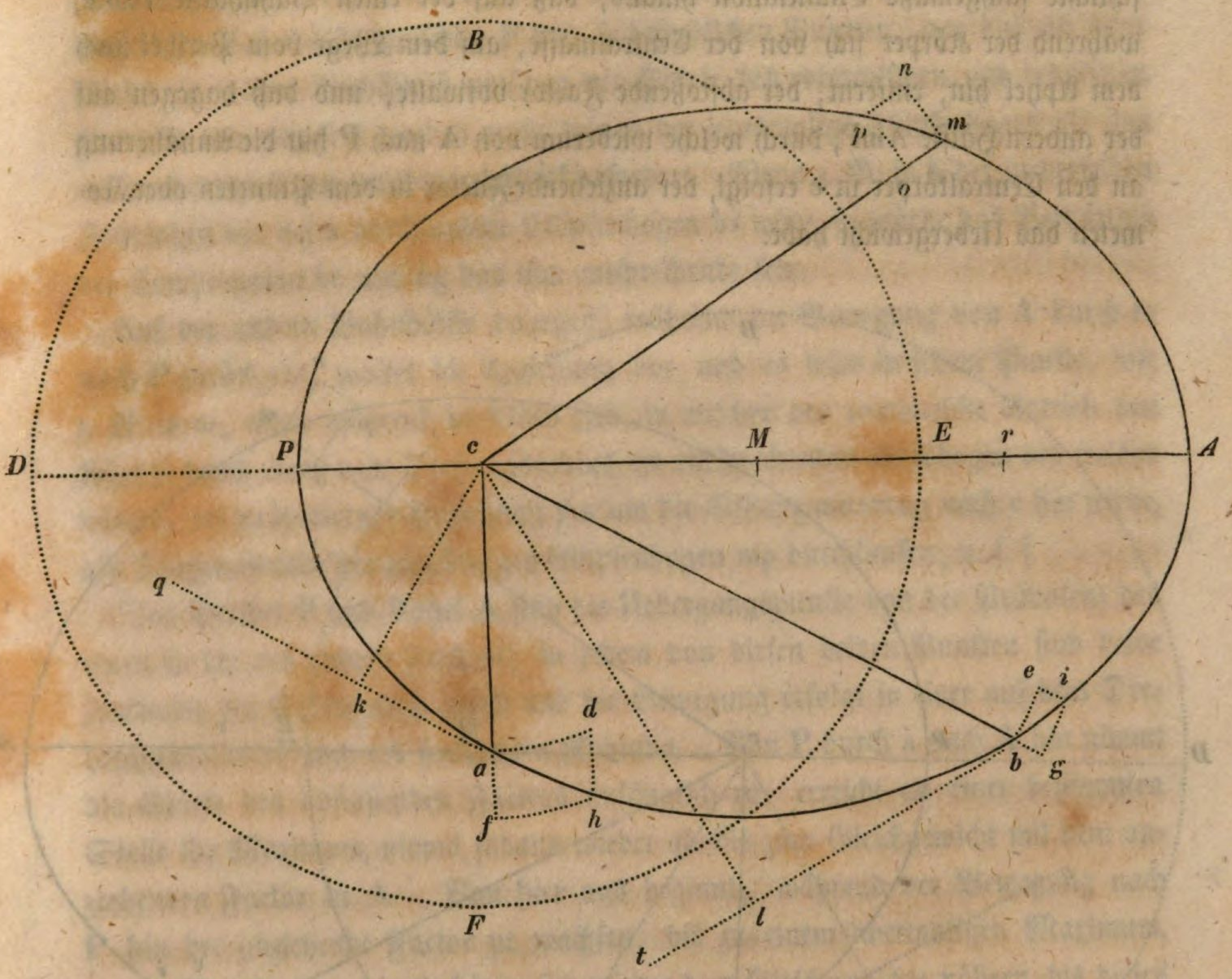
Wie diese kosmischen Polaritätszustände in den Massen als solchen und in ihrer Daseinsweise überhaupt begründet, wie namentlich die Richtungen der Polaritäten vermöge der Lage der Polaritätsaxen nach den in der Erfahrung sich darin darstellenden verschiedenen Graden der Uebereinstimmung und Abweichung bedingt seien,

muß fürs erste und bis auf weitere Aufschlüsse künftiger Forschung, dahingestellt bleiben. Im Allgemeinen, wenn wir Schwingungen als den Grundtypus aller Naturthätigkeit, ja wenn wir die Materie selbst nicht anders als den Inbegriff und permanenten Ausdruck aller unter Oscillationsformen zur Aeußerung gelangenden Functionen materieller Urwirksamkeit zu denken haben, werden wir uns auch jene kosmischen attractiven und repulsiven Polareffecte, auf deren Antrieb die Weltkörper zunächst in kreisförmig rotatorische Bewegung versetzt werden, von Schwingungen begleitet und durch diese auf ähnliche Weise vermittelt vorstellen können, wie es in Bezug auf die magnetischen und elektromagnetischen Wirkungen nach den oben (§. 20.) darüber angestellten Betrachtungen thunlich ist. Zunächst ist somit jedenfalls eine durch Induction und umfassende Analogieen dargebotene Ansicht gewonnen, nach welcher sich die Bewegungen der Planeten und Kometen aus einer Wechselwirkung ihrer Massen mit derjenigen der Sonne, ohne einen herbeigerufenen **Deus ex machina,** wie die Newtonische Tangentialkraft eine solche ist, ergeben und es kommt nur darauf an, die Angemessenheit der neuen Betrachtungsweise in wesentlichen Modificationen und Grundverhältnissen der Erscheinungen weiter nachzuweisen.

§. 40.

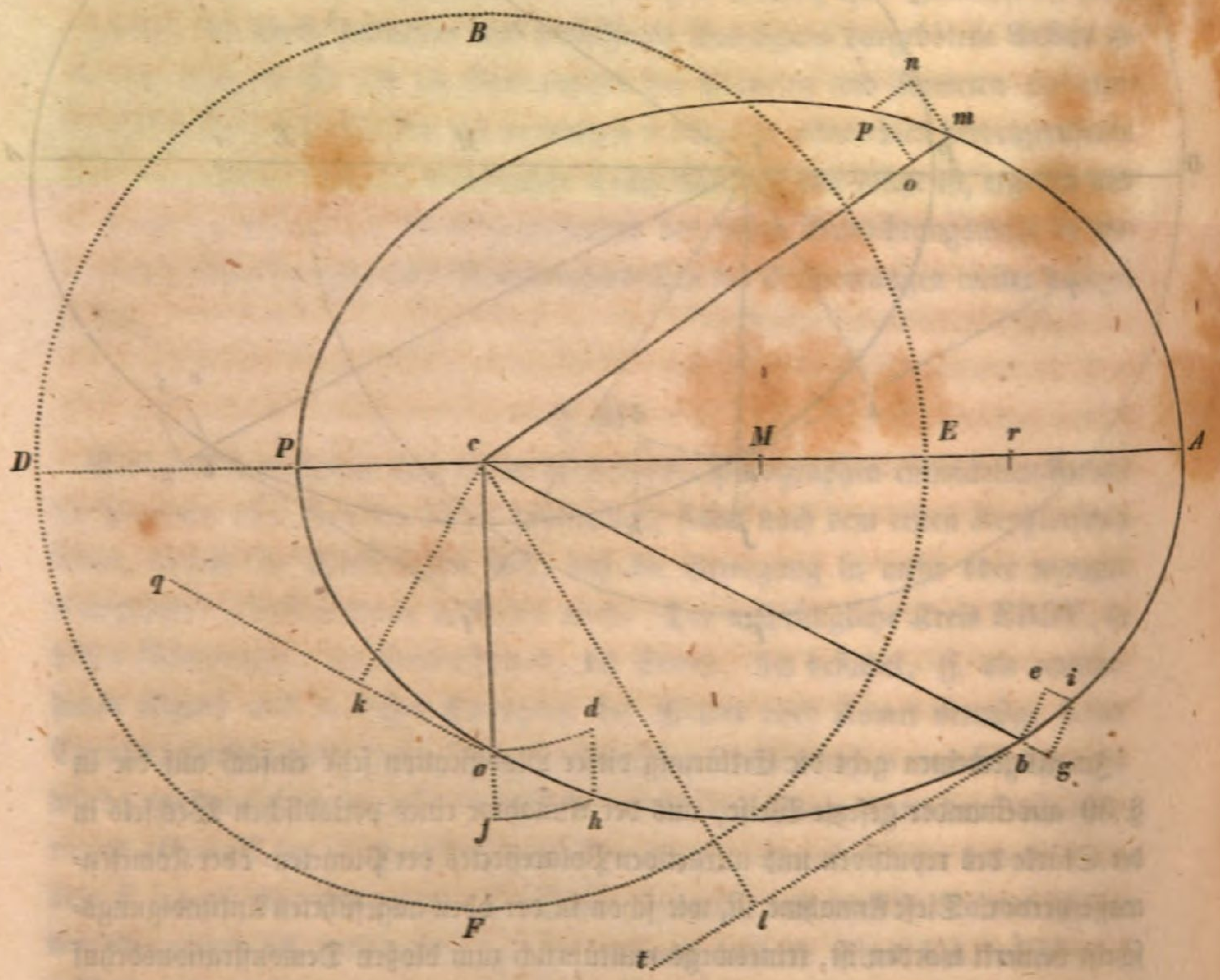
Statt daß unmittelbar nach der im vorstehenden Paragraphen entwickelten Ansicht die Planeten oder Kometen Kreise beschreiben, findet nach dem ersten Kepplerschen Gesetz überall die Modifikation statt, daß die Bewegung in mehr oder weniger excentrischen Ellipsenbahnen vollführt wird. Der ursprüngliche Kreis **EBDF**, in dessen Mittelpunkt **c** der Centralkörper, die Sonne, sich befindet, (s. die nachstehende Figur) und in dessen Peripherie der Planet oder Komet vermöge seiner Circularpolarität durch den einfachen rotatorischen Antrieb von **c** aus sich bewegen würde, erleidet auf der einen Seite von **D** her eine Beschränkung, indem der Drehungsradius **cD**=**cE** sich zu dem Minimum **cP** verkürzt; während auf der andern Seite über **E** hinaus eine Erweiterung stattfindet, dadurch, daß derselbe Radius sich zu dem Maximum **cA** verlängert; er wird hier um dasselbe Stück **EA**=**PD** vergrößert, um welches er dort vermindert ist. Die Differenz **cr**, wenn von **cA** das Stück **rA**=**cP** abgezogen wird, ist die zwiefache Excentricität, deren Hälfte **cM**=**rM** also die Excentricität, d. h. die Verschiebung, welche die ganze Bahn erlitten hat, darstellt; denn der Punct **M** ist nun die Mitte der neuen elliptischen Bahn **PabAmP** deren Brennpunkte **r** und **c** sind, in deren einem, **c**, die Sonne oder überhaupt der

Centralkörper sich befindet, weshalb auch **P** das Perihelium und **A** das Aphelium heißt, weil unter allen Punkten im Umfange der Bahn, **P** um den kürzesten und **A** um den weitesten Abstand von c entfernt ist.



Im Allgemeinen geht die Erklärung dieser Modification sehr einfach auf die in **§. 30** auseinander gesetzte Weise, aus der Annahme eines periodischen Wechsels in der Stärke des repulsiven und attractiven Polareffectes der Planeten- oder Kometenmasse hervor. Diese Annahme ist, wie schon in der oben angeführten Ankündigungsschrift bemerkt worden ist, keineswegs willkührlich zum bloßen Demonstrationsbehuf herbeigeholt, sondern sie ist vielmehr nothwendig, in sofern man den Körper nicht als einen mechanisch getriebenen, bloß von außen in seiner Bewegung bestimmten, sondern als einen durch lebendige innere Wechselwirkung mit der Sonne bewegten zu betrachten genöthigt ist. In einem Electromagneten sind die beiden Polareffecte der Anziehung und Abstoßung stets einander an Stärke gleich; in den Planeten

oder Kometen findet dagegen, so wie in den Grundfunctionen eines jeden lebendigen Individuums, ein periodisches Sinken und Steigen jener Fundamentalwirkungen statt und auf dieser einfachen Grundlage läuft die obige Annahme nur auf die schlichte sachgemäße Enunciation hinaus, daß auf der einen Bahnhälfte PabA, während der Körper sich von der Centralmasse, auf dem Wege vom Perihel nach dem Aphel hin, entfernt, der abstoßende Factor vorwalte, und daß dagegen auf der andern Hälfte AmP, durch welche wiederum von A nach P hin die Annäherung an den Centralkörper in c erfolgt, der anziehende Factor in dem Planeten oder Kometen das Uebergewicht habe.



In jedem Punkte der ersten Bahnhälfte zwischen P und A, z. B. in a, wird nämlich der Körper außer dem allgemeinen rotatorischen Antrieb zugleich durch einen überwiegenden, in der Richtung des Drehungsradius sich äußernden repulsiven Effect in seiner Bewegung bestimmt. Vermöge des rotatorischen Antriebes würde

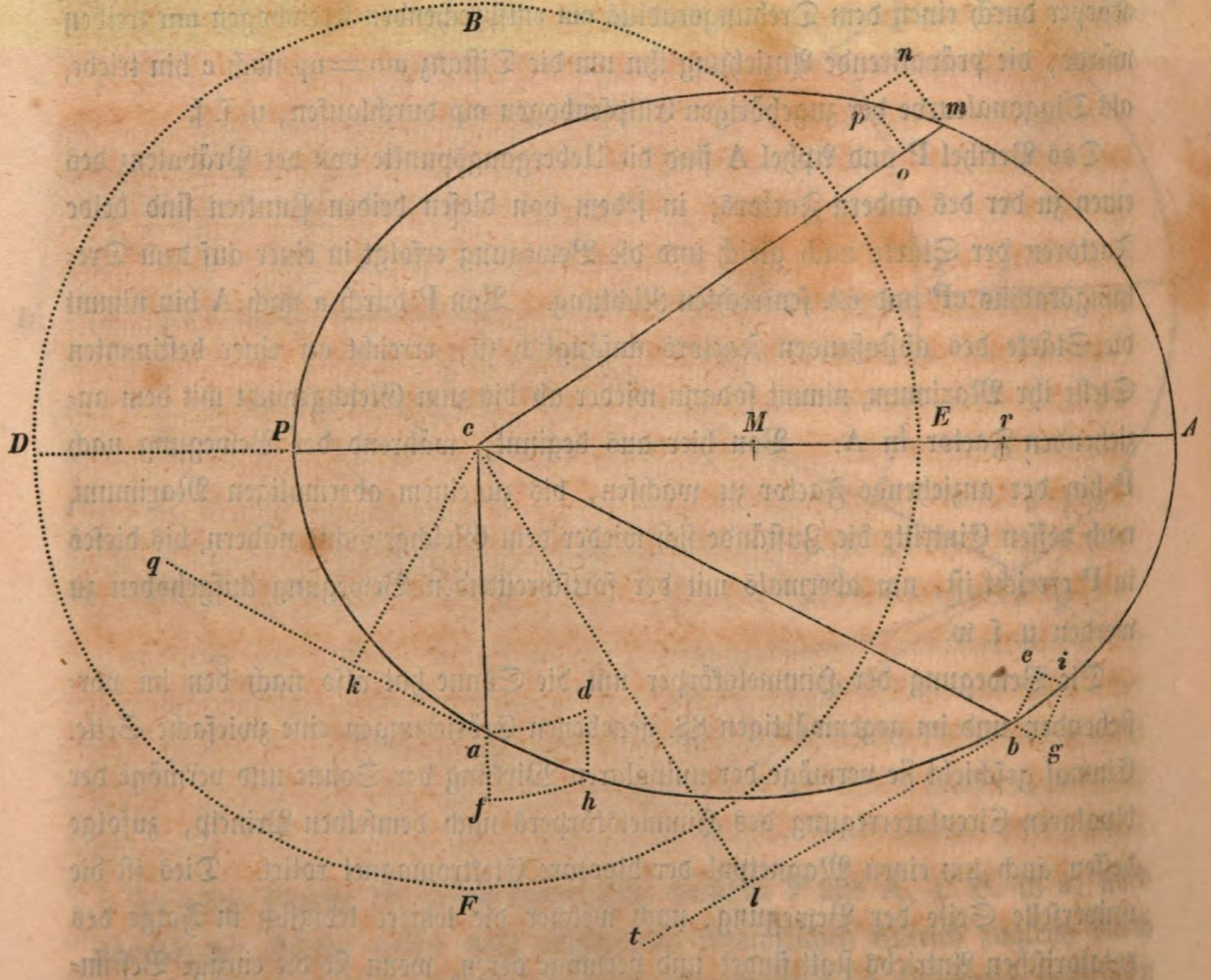
er sich in dem zum Radius ca gehörigen Kreise während einer bestimmten Zeit durch den Bogen ad desselben bewegen. Ist nun in derselben Zeit die Wirkung der Abstoßung durch den Raum af=dh gegeben, so bewegt er sich durch den Diagonalbogen ah, welcher ein Theil der Ellipse ist. Eben so in allen übrigen auf diesseitiger Bahnhälfte zwischen P und A befindlichen Punkten, nur daß an jeder Stelle ein solches Verhältniß zwischen der Stärke des rotatorischen und repulsiven Antriebs vorausgesetzt werden muß, wie es der jedesmalige Ellipsenbogen als ihm entsprechendes Componentenverhältniß erfordert. Wenn z. B. in b der in derselben Zeiteinheit wie bei a durchlaufene Ellipsenbogen bi wäre, so würde das Verhältniß der Componenten be und bg das ihm entsprechende sein.

Auf der andern Bahnhälfte dagegen, während die Bewegung von A durch m nach P zurückgeht, waltet die Anziehung vor und es wird in jedem Punkte, wie z. B. in m, wenn während derselben Zeit, in welcher der rotatorische Antrieb den Körper durch einen dem Drehungsradius cm entsprechenden Kreisbogen mn treiben würde, die prävalirende Anziehung ihn um die Distanz mo=np nach c hin triebe, als Diagonalcurve der zugehörigen Ellipsenbogen mp durchlaufen, u. s. f.

Das Perihel P und Aphel A sind die Uebergangspunkte von der Prävalenz des einen zu der des andern Factors; in jedem von diesen beiden Punkten sind beide Factoren der Stärke nach gleich und die Bewegung erfolgt in einer auf dem Drehungsradius cP und cA senkrechten Richtung. Von P durch a nach A hin nimmt die Stärke des abstoßenden Factors anfänglich zu, erreicht an einer bestimmten Stelle ihr Maximum, nimmt sodann wieder ab bis zum Gleichgewicht mit dem anziehenden Factor in A. Von hier aus beginnt, während der Bewegung nach P hin der anziehende Factor zu wachsen, bis zu einem abermaligen Maximum, nach dessen Eintritte die Zustände sich wieder dem Gleichgewichte nähern, bis dieses in P erreicht ist, um abermals mit der fortschreitenden Bewegung aufgehoben zu werden u. s. w.

Die Bewegung der Himmelskörper um die Sonne hat also nach den im vorstehenden und im gegenwärtigen §§. gegebenen Erörterungen eine zwiefache Seite. Einmal geschieht sie vermöge der unipolaren Wirkung der Sonne und vermöge der bipolaren Circularerregung des Himmelskörpers nach demselben Princip, zufolge dessen auch um einen Magnetpol der bipolare Elektromagnet rotirt. Dies ist die universelle Seite der Bewegung, nach welcher die letztere lediglich in Folge des rotatorischen Antriebs statt findet und vermöge deren, wenn sie die einzige Bestimmung der Bewegung ausmachte, die Bahn der Bewegung auch keine andere wie

bei dem rotirenden Elektromagneten, nämlich ein Kreis sein und in allen ihren Punkten stets mit gleicher Geschwindigkeit beschrieben werden würde. Zweitens aber tritt zu dieser noch die individuelle Bestimmung hinzu, welche in dem periodischen Wechsel der Prävalenz des anziehenden und abstoßenden Effectes in dem bewegten Körper besteht; wonach die Geschwindigkeit sich ändert und der Kreis zur Ellipse wird, mit größerer oder geringerer Excentricität, je nach dem größeren oder geringeren Uebergewicht, womit jeder der beiden Polareffecte in der respectiven Bahnhälfte hervortritt. Der universelle rotatorische Antrieb ist für den bewegten Körper gewissermaßen, was für ein segelndes Schiff im Allgemeinen der Wind ist; die individuelle Thätigkeit des Weltkörpers dagegen lenkt und formt seine Bewegung, wie die Bewegung des Schiffes an sich und aus sich durch Segel und Steuerruder regulirt wird.



Die hiemit dargelegte Ansicht steht oder fällt nun zunächst mit der Entscheidung, ob das durch die Natur der Ellipse bestimmte Verhältniß der dieser Ansicht gemäß genommenen Bewegungscomponenten in der That auch ein dem zweiten Kepplerschen Gesetz überall angemessenes sei, oder mit andern Worten: ob die rotatorischen Antriebe **ad**, **be** sich umgekehrt wie die Drehungsradien **ac**, **bc** verhalten, wenn die zugehörigen Ellipsenbogen **ab**, **bi** das erfahrungsmäßige Verhältniß der Geschwindigkeit der Bewegung in den respectiven Puncten **a** und **b** der Bahn ausdrücken. Diese Entscheidung aber wird in vollkommen affirmirender Weise gewährt durch die Demonstration des am Schlusse des §. 36 ausgesprochenen Satzes, die wir nunmehr im folgenden Paragraphen bündig und der Absicht strenge genügend ausführen wollen.

§. 41.

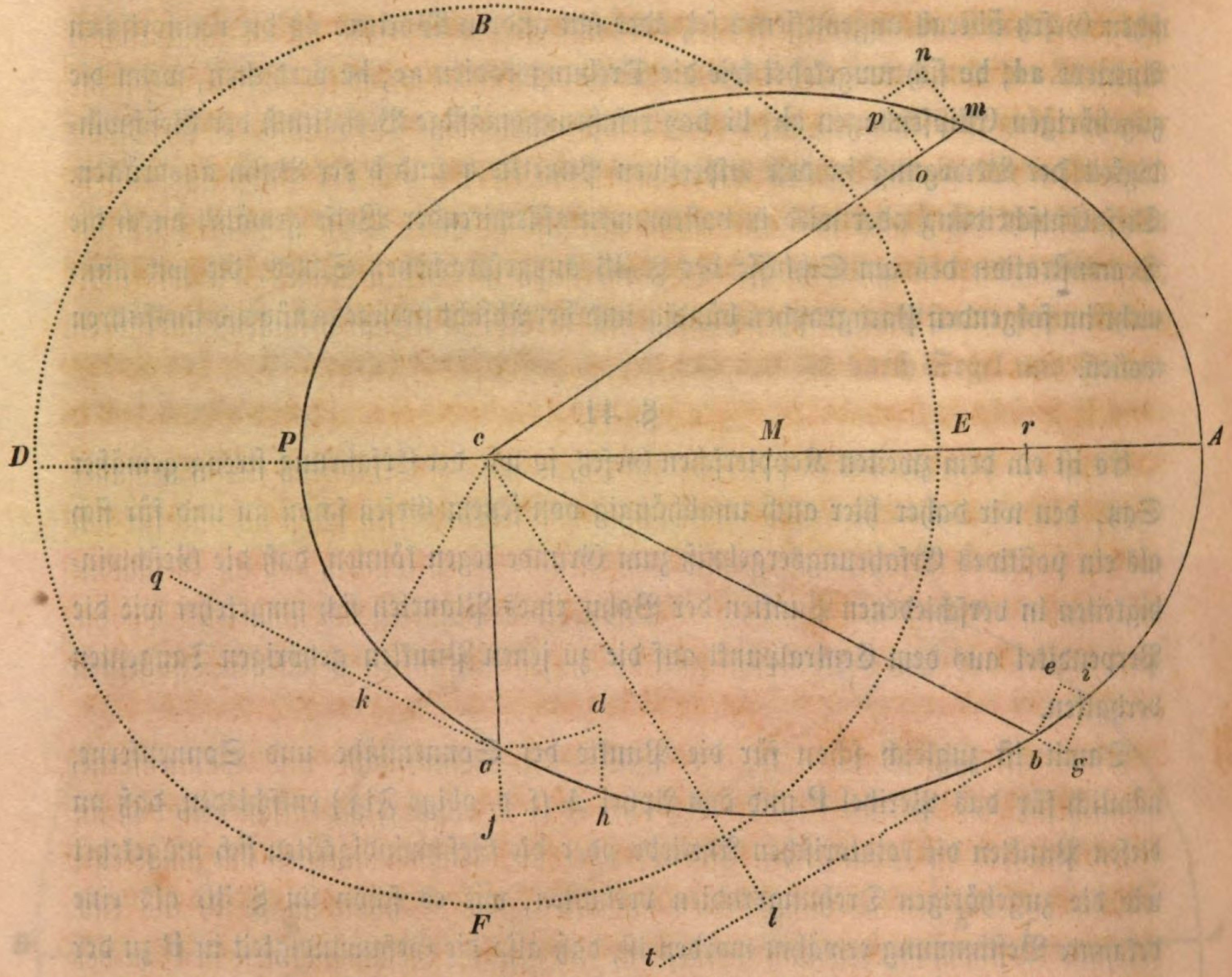
Es ist ein dem zweiten Kepplerschen Gesetz, so wie der Erfahrung streng gemäßer Satz, den wir daher hier auch unabhängig von jenem Gesetz schon an und für sich als ein positives Erfahrungsergebniß zum Grunde legen können, daß die Geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten der Bahn eines Planeten sich umgekehrt wie die Perpendikel aus dem Centralpunkt auf die zu jenen Punkten gehörigen Tangenten verhalten.

Damit ist zugleich schon für die Punkte der Sonnennähe und Sonnenferne, nämlich für das Perihel **P** und das Aphel **A** (s. d. obige Fig.) entschieden, daß an diesen Punkten die rotatorischen Antriebe oder die Geschwindigkeiten sich umgekehrt wie die zugehörigen Drehungsradien verhalten, wie es schon im §. 36 als eine bekannte Bestimmung erwähnt worden ist, daß also die Geschwindigkeit in **P** zu der in **A** sich verhalte, wie sich **cA** zu **cP** verhält. Denn da für **P** und **A** die Tangenten senkrecht auf **cP** und **cA** sind und die Perpendikel aus **c** auf diese Tangenten mit den Drehungsradien **cP** und **cA** selbst zusammenfallen, so ist der Satz an und für sich klar.

Es kommt nun also darauf an, ganz allgemein darzuthun, daß eben so auch für jede zwei andere Punkte **a** und **b** der Satz Gültigkeit habe, daß die Geschwindigkeit in **a** zu der in **b** sich wie der Drehungsradius **bc** zum Drehungsradius **ac** verhalte.

Es seien **aq** und **bt** die zu **a** und **b** gehörigen Tangenten und **ck** und **cl** die auf sie aus **c** gefällten Perpendikel, so verhalten sich, vermöge der Voraussetzung, die Geschwindigkeiten des in der elliptischen Bahn sich bewegenden Himmelskörpers in den Punkten **a** und **b** umgekehrt wie **ck** und **cl**, oder: die Geschwindigkeit in **a** verhält sich zu der in **b** wie sich **cl** zu **ck** verhält.

Es mögen nun die Bogen ah und bi so klein gedacht werden, daß die Bewegung in dem einen wie in dem andern als gleichförmig gelten kann und daß sie



durch ihre verschiedene Länge das Verhältniß der in den Punkten a und b stattfindenden Geschwindigkeiten ausdrücken. Es wird sich also auch ah zu bi verhalten, wie sich cl zu ck verhält, und mit der Proportion

$$ah : bi = cl : ck$$

hat man folglich auch die Gleichung

1) $$ah \,.\, ck = bi \,.\, cl$$

Zerlegt man nun ah, so daß die eine Componente der zum Radius ca gehörige Kreisbogen ad und die andere Componente die gradlinige Verlängerung von ca nämlich af=dh ist, so wird also der Kreisbogen ad von dem ganzen zu ca gehörigen Kreise dasjenige Stück darstellen, welches der Körper vermöge des rotatorischen Antriebs in derselben Zeiteinheit zurücklegte, in welcher das Bogenstück ah der

Ellipse als ein Diagonalbogen von ihm durchlaufen werden würde, wenn mit jenem rotatorischen Antriebe zugleich ein abstoßender Effect vorhanden wäre, der den Körper in der nämlichen Zeiteinheit von a nach f triebe. Wenn also ah die Geschwindigkeit der Bewegung im Punkte der elliptischen Bahn ist, so ist ad die Geschwindigkeit des rotatorischen Antriebes in demselben Punkte a des zu ca gehörigen Kreises.

Zerlegt man ferner bi in die Kreisbogencomponente be und die geradlinige bg=ei, so wird also auch auf dieselbe Weise wie vorhin, während bi die Geschwindigkeit im Punkte b der Ellipse bezeichnet, durch be die Geschwindigkeit oder die Stärke des rotatorischen Antriebes in demselben Punkte b des zum Radius cb gehörigen Kreises ausgedrückt werden.

Die Dreiecke adh, bei sind wegen der Kleinheit der Bogen ad und ah, be und bi als geradlinige zu betrachten und in d und e rechtwinklig, weil die Bogen ad, be senkrecht auf ac, bc und weil dh, ei respective mit ac, bc parallel sind. Es ist aber das Dreieck adh dem Dreiecke cka ähnlich, weil cad ein rechter Winkel ist, folglich die Winkel cak und dah sich zu einem rechten ergänzen und daher die Winkel dah und kca einander gleich sein müssen. Mithin findet die folgende Proportion statt:

$$ad : ah = ck : ac$$

und daher hat man auch die folgende Gleichung:

$$2) \qquad ad \,.\, ac = ah \,.\, ck$$

Auf gleiche Weise wie die Dreiecke adh, cka sind auch die Dreiecke bei und clb einander ähnlich und vermöge dieser Aehnlichkeit ergiebt sich die Proportion:

$$be : bi = cl : bc$$

mit der also auch die folgende Gleichung stattfindet:

$$3) \qquad be \,.\, bc = bi \,.\, cl$$

Da nun oben in der Gleichung 1) bewiesen ist, daß die eine Hälfte der Gleichung 2) nämlich ah . ck gleich sein müsse der einen Hälfte der Gleichung 3) nämlich bi . cl, so müssen auch die anderen Hälften der beiden letzteren Gleichungen einander gleich sein, d. h. man hat auch die folgende Gleichung:

$$ad \,.\, ac = be \,.\, bc$$

und somit findet also auch folgende Proportion statt:

$$ad : be = bc : ac$$

mit welcher das zu erweisende bewiesen ist, indem dargethan ist, daß die Intensitäten oder Geschwindigkeiten der rotatorischen Antriebe, (wie ad und be) je zweier Punkte (wie a und b) sich umgekehrt zu einander ver-

halten, wie die zu denselben Punkten gehörigen Drehungsradien (nämlich wie bc zu ac).

Es ist klar und bedarf kaum der Erwähnung, daß dieselbe Demonstration auch gilt, wenn in einem oder in beiden Fällen für einen Punkt auf der jenseitigen Bahnhälfte die geradlinige Componente, wie z. B. mo nicht auf der Verlängerung des Drehungsradius, sondern als Ausdruck der Anziehungsgröße nach c hin auf ihm selbst genommen wird.

So gewiß es mithin ist, daß die Geschwindigkeiten der Bewegung eines Planeten in irgend welchen verschiedenen Punkten seiner Bahn sich umgekehrt wie die Perpendikel aus der Sonne auf die zu diesen Punkten gehörigen Tangenten verhalten: so gewiß ist es demnach auch, daß dieselbe Bewegung von solcher Beschaffenheit sei, daß sie als eine aus rotatorischen Antrieben einerseits und aus repulsiven oder attractiven Antrieben andrerseits zusammengesetzte Bewegung angesehen werden könne, dergestalt, daß die rotatorischen Antriebe überall senkrecht auf dem jedesmaligen Drehungsradius sind und daß sie in je zwei verschiedenen Punkten sich umgekehrt wie die zugehörigen Drehungsradien verhalten.

Macht man also diese Beschaffenheit der kosmischen Bewegungen zur Voraussetzung, indem man von ihr als einer naturgemäßen Grundlage der Erscheinungen an der Stelle der Newtonschen Voraussetzungen ausgeht, so ist eben damit auch das zweite Kepplersche Gesetz gegeben und hat darin eine bündige Nachweisung und seine eigentliche Grundlage erhalten; denn es ist nunmehr keinem Zweifel unterworfen, daß es mit dieser Voraussetzung so innig zusammenhängt und aus ihr mit solcher Nothwendigkeit hervorgeht, wie es bereits oben in §. 34 ausgedrückt worden ist.

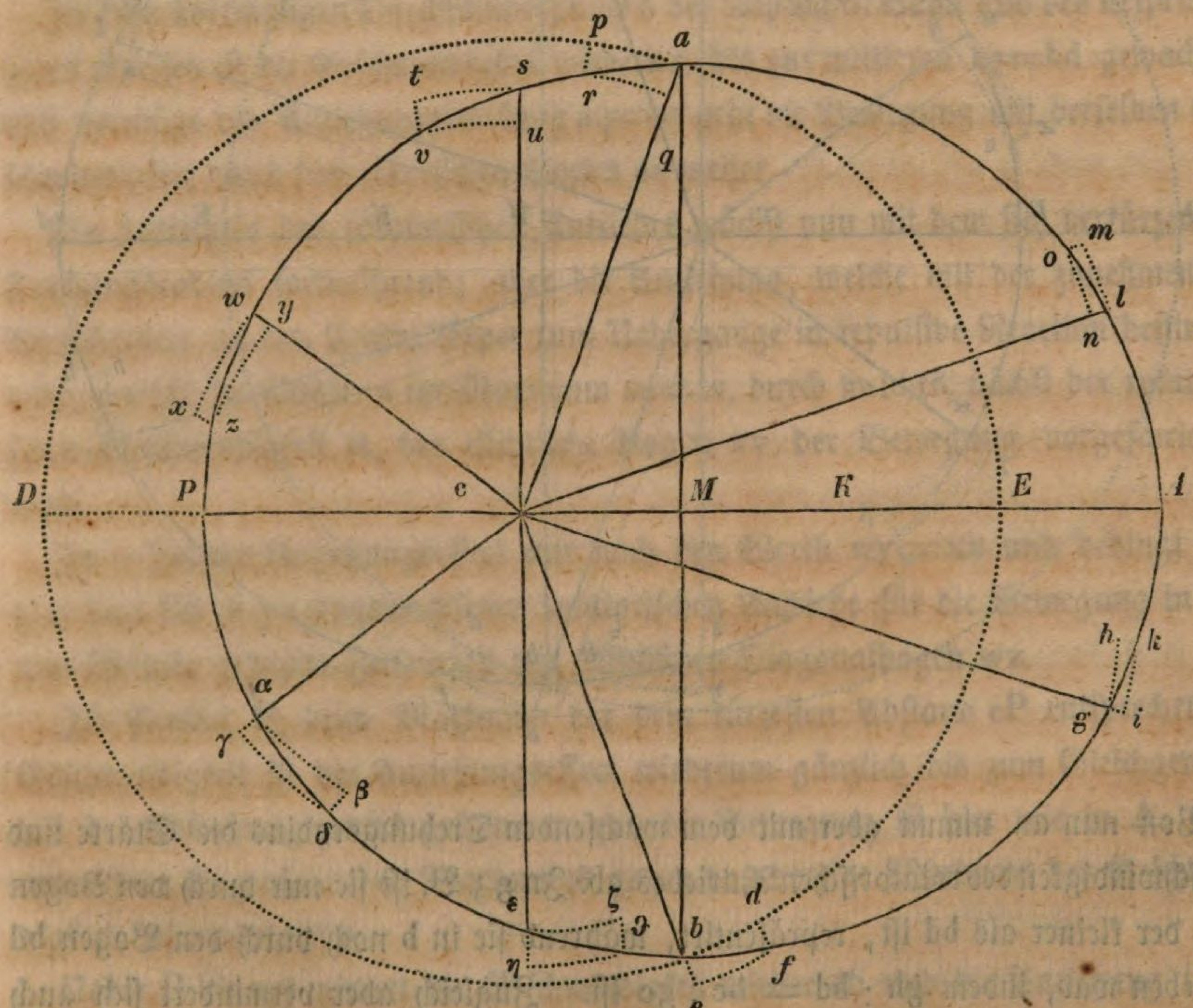
§. 42.

Folgen wir dem um die Sonne kreisenden Körper in seiner Bewegung durch alle wesentlichen Stadien von Anfang bis zu Ende derselben während eines ganzen Umlaufes, so ergeben sich mit Rücksicht auf die bisherigen Erörterungen nunmehr die folgenden Bestimmungen.

Zuerst würde also mit dem auf dem Drehungsradius senkrechten rotatorischen Grundantriebe der Körper keine Ellipse, sondern einen Kreis beschreiben und die

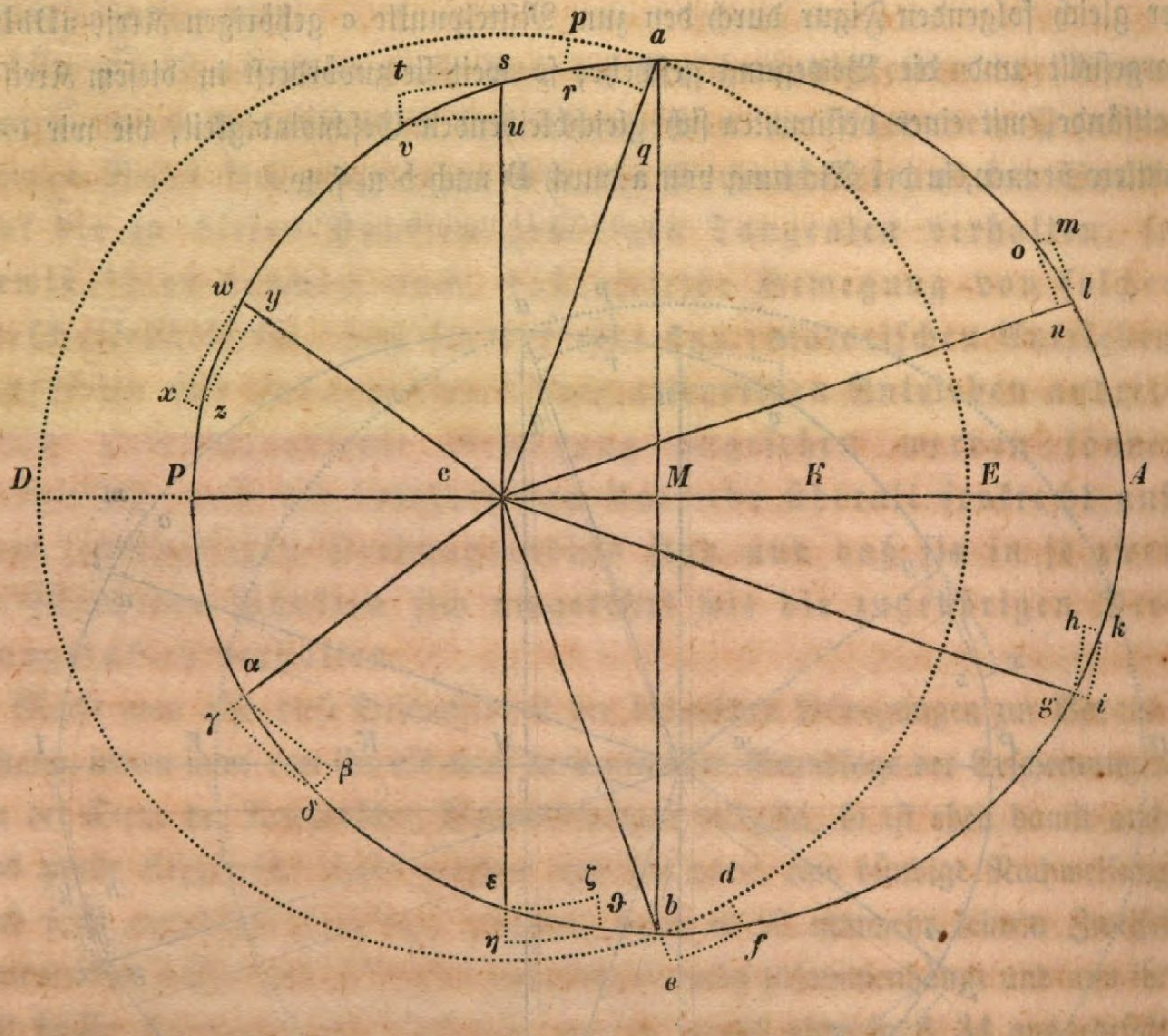
elliptische Bahn geht allein aus der die Wirkung dieses Grundantriebes zerlegenden Modification hervor, welche in dem bewegten Körper durch einen periodischen Wechsel der Prävalenz des repulsiven und attractiven Effectes bewirkt wird, von denen der eine in der Bahnhälfte diesseits oder jenseits der Hauptaxe überwiegend hervortritt.

Es sei die durch den ursprünglichen rotatorischen Antrieb bestimmte Kreisbahn in der gleich folgenden Figur durch den zum Mittelpunkte c gehörigen Kreis aDbE dargestellt und die Bewegung geschehe, so weit sie zuvörderst in diesem Kreise stattfände, mit einer bestimmten sich gleichbleibenden Geschwindigkeit, die wir die mittlere nennen, in der Richtung von a durch D nach b u. s. w.



Während vom Punkte b aus der rotatorische Antrieb den Körper durch den Kreisbogen bd führen würde, trete nun der in der Richtung des Drehungsradius cb sich zugleich geltend machende Effect einer überwiegenden Abstoßung ein, welche den Körper in der nämlichen Zeit, während welcher er sich durch den Kreisbogen

bd bewegen würde, durch den Raum be=df zu treiben vermöchte, so bewegt er sich mit derselben Geschwindigkeit, welche der Bewegung im Kreise bd angehört, d. h. mit der mittleren Geschwindigkeit durch den elliptischen Bogen bf, vorausgesetzt, daß die Bogen bd und bf klein genug seien, um die Geschwindigkeit in ihnen als gleichförmig annehmen zu können.



Von nun an nimmt aber mit dem wachsenden Drehungsradius die Stärke und Geschwindigkeit des rotatorischen Antriebes ab. In g z. B. ist sie nur durch den Bogen gh, der kleiner als bd ist, repräsentirt, während sie in b noch durch den Bogen bd gegeben war, indem gh : bd = bc : gc ist. Zugleich aber vermindert sich auch die Abstoßung in dem Verhältniß von gi=hk zu dem dortigen be=df, so daß die Bewegung durch den elliptischen Diagonalbogen gk erfolgt.

Endlich hat im Aphel A die Geschwindigkeit mit dem Maximum cA des Drehungsradius ihr Minimum erreicht und die Abstoßung ist bis zum völligen Gleichgewicht mit der Anziehung zurückgekommen, so daß die sonst durch ein Uebergewicht

des einen oder des andern dieser beiden Factoren bewirkte Sollicitirung hier gänzlich Null ist und die Bewegung des Körpers, lediglich dem rotatorischen Antriebe gemäß, mit einer der Entfernung **cA** vom Centralkörper unmittelbar umgekehrt proportionalen Geschwindigkeit erfolgt.

Ueber **A** hinaus nimmt mit dem kleiner werdenden Drehungsradius die Geschwindigkeit wieder zu und die früher überwiegende Abstoßung ist durch den Uebergangspunkt des Gleichgewichts mit der Anziehung hindurch in das Gegentheil einer allmälig wachsenden Anziehung umgeschlagen, so daß z. B. in **l** vermöge der rotatorischen Geschwindigkeit **lm** und der Anziehung **ln**=**mo** der Körper jetzt in derselben Zeit, wie früher durch **bf** und **gk**, durch den elliptischen Bogen **lo** geführt wird.

In dem abermaligen Durchschnittspunkt **a** der elliptischen Bahn und des ursprünglichen Kreises ist die Geschwindigkeit wiederum bis zur mittleren **ap**=**bd** gewachsen und vermöge der Anziehungswirkung **aq**=**pr** geht die Bewegung mit derselben Geschwindigkeit durch den elliptischen Bogen **ar** weiter.

Die Intensität des rotatorischen Antriebes wächst nun mit dem sich verkürzenden Drehungsradius fortwährend; aber die Anziehung, welche mit der zunehmenden Annäherung an den Centralkörper zum Uebergange in repulsive Reaction bestimmt wird, erreicht im Punkte **s** ihr Maximum **su**=**tv**, durch welches, nächst der rotatorischen Geschwindigkeit **st**, der elliptische Bogen **sv** der Bewegung vorgeschrieben wird.

In **w** hat der Anziehungseffect nur noch den Werth **wy**=**xz** und bedingt mit dem dort bis zu **yz** angewachsenen rotatorischen Antriebe für die Bewegung in der zum Grunde gelegten Zeiteinheit den elliptischen Diagonalbogen **wz**.

Im Perihel **P**, beim Maximum der dem kürzesten Abstand **cP** entsprechenden Geschwindigkeit ist der Anziehungseffect wiederum gänzlich bis zum Gleichgewicht mit der Abstoßung zurück gekommen und die Bewegung ist hier wie in **A**, aber unter dem Gegensatze des Maximums gegen das dortige Minimum der Geschwindigkeit, rein rotatorisch.

Ueber **P** hinaus nimmt die Geschwindigkeit wieder ab und die Anziehung ist in Abstoßung übergegangen, so daß z. B. in α vermöge der rotatorischen Geschwindigkeit $\alpha\beta$ und der Abstoßung $\alpha\gamma = \beta\delta$ der Körper in der zum Grunde liegenden Zeiteinheit den elliptischen Bogen $\alpha\delta$ zurücklegt.

Während nun ferner die rotatorische Geschwindigkeit mit dem wachsenden Drehungsradius fortwährend abnimmt, nimmt der Abstoßungseffect zu, bis er wieder

in ε sein Maximum $\varepsilon\eta = \zeta\vartheta$ erreicht hat, das nächst dem rotatorischen Antriebe $\varepsilon\zeta$ den elliptischen Bogen $\varepsilon\vartheta$ bestimmt, um von nun an mit der Geschwindigkeit gemeinschaftlich abzunehmen, so daß endlich wieder von **b** aus mit der mittleren Geschwindigkeit **bd** und der Abstoßung **be** = **df** die Folge der wechselnden Zustände von neuem in derselben Weise beginnt und sich wiederholt, wie sie in dem Obigen dargelegt worden ist.

Die Durchschnittspunkte **a** und **b** mit den ihnen zugehörigen mittlern Geschwindigkeiten bestimmen die kleine Axe **ab** der elliptischen Bahn, deren Excentricität **Mc** = **MK** also um so größer sein muß, je beträchtlicher das Verhältniß von **ab** zu **DE** oder je kleiner die Sehne **ab** im Verhältniß zum Durchmesser des ursprünglichen Kreises ist.

Die Hauptaxe **PA** der Ellipse aber, wie groß die Excentricität auch sein möge, muß, indem **ac** = **bc** = **cD** = **MP** = **MA** ist, stets dem Durchmesser **DE** des ursprünglichen Kreises gleich sein und die elliptische Bahn muß mit ihrem Perihel **P** jeder Zeit noch so tief innerhalb dieses Kreises liegen, als sie mit ihrem Aphel **A** über denselben hinausragt.

Die Excentricität der Bahn hängt von der speciellen Energie ab, mit welcher der bewegte Körper den Gegensatz der Anziehung und Abstoßung nach seiner individuellen Eigenthümlichkeit aus sich entwickelt. Die Weite der Bahn, d. i. die Länge der Hauptaxe der Ellipse oder der Radius der ursprünglichen Kreisbahn hängt, wie sich aus einer Bestimmung weiter unten noch näher ergeben wird, von dem universellen Verhältniß der Masse zum Centralkörper ab; der beiderseitige Abstand ist so groß, daß in ihm noch dem Wechsel des periodischen Uebergewichts der Anziehung und Abstoßung ein Spielraum dargeboten ist, ohne daß das Verhalten weder in die Einseitigkeit des Effectes absoluter Anziehung, wie sie nur die irdische Nähe darstellt, umschlägt noch in eine gänzliche Loßreißung der bewegten Masse vom Centralkörper ausartet.

Je weiter der Abstand im Allgemeinen oder je größer die Hauptaxe, desto größer kann die partielle Annäherung oder die Excentricität sein, ohne daß damit die Gränze jenes Spielraums überschritten würde, indem, wie sich in der Folge bald zeigen wird, mit der Größe des Abstandes auch die Größe specieller Gegenthätigkeit in der kreisenden Masse wächst.

Die elliptische Gestalt der Bahn überhaupt hängt ab von dem Gesetz der Zu- und Abnahme und des Wechsels der attractorischen und repulsiven Effecte der bewegten Masse. Dieses Gesetz entweder aus der Natur der Ellipse in Gemäßheit

des ersten Kepplerschen Gesetzes auf einen mathematischen Ausdruck zurückführen oder umgekehrt aus einem solchen Ausdrucke die elliptische Bahn der Bewegung und das erste Kepplersche Gesetz herleiten, wäre hier das, was in der bisherigen Newtonschen Theorie gewöhnlich als umgekehrte und directe Aufgabe der Centralbewegung bezeichnet wird.

Das dritte Keppler'sche Gesetz.

§. 43.

Mit dem dritten Kepplerschen Gesetz ist bekanntlich die Geschwindigkeit der Bewegung der Planeten und Kometen im Durchschnittsverhältniß zu ihren mittleren Abständen von der Sonne durch eine constante Relation der Umlaufzeiten zu den großen Bahnaxen bestimmt worden, indem das Gesetz, wie es durch Keppler ermittelt ist, folgendermaßen lautet: D i e Q u a d r a t z a h l e n d e r U m l a u f z e i t e n j e z w e i e r P l a n e t e n o d e r K o m e t e n v e r h a l t e n s i c h w i e d i e K u b i k z a h l e n i h r e r m i t t l e r e n A b s t ä n d e v o n d e r S o n n e d. h. w i e d i e K u b i k z a h l e n i h r e r h a l b e n g r o ß e n B a h n a x e n, a l s o a u c h w i e d i e K u b i k z a h l e n d i e s e r g a n z e n A x e n.

Es wird z. B. die Sonne von der Ceres in 1681,71656 Tagen und von der Vesta in 1324,45820 Tagen umkreist. Das Verhältniß der mittleren Abstände dieser Planeten von der Sonne, d. h. ihrer halben oder ganzen großen Bahnaxen ist dagegen in der Bestimmung enthalten, nach welcher die große Bahnaxe der Ceres 132762 Erdhalbmesser, die der Vesta hingegen 113222 Erdhalbmesser beträgt. Es müssen also die Quadratzahlen der Glieder des erst genannten Verhältnisses der Umlaufzeiten den Kubikzahlen der Glieder des andern Verhältnisses der Bahnaxen proportional sein, wenigstens in so weit, als jene Angaben und das Kepplersche Gesetz mit der Wirklichkeit übereinstimmen.

Nimmt man, um sich ohne eine zu umständliche Rechnung davon zu überzeugen, die Logarithmen der betreffenden Zahlen, so hat man

den Logarithm. des Quadrats von 1681,71656 = 6,4515056
" " " " " 1324,45820 = 6,2440768
deren Differenz = 0,2074288

Ferner

den Logarithm. der Kubikzahl von 132762 = 15,3692214
" " " " " 113222 = 15,1617927
deren Differenz = 0,2074287

Hier spricht also die bis zur siebenten Decimalstelle stattfindende Uebereinstimmung der in den obigen Differenzen gegebenen logarithmischen Exponenten der betreffenden Verhältnisse für die Richtigkeit des dritten Kepplerschen Gesetzes. Doch findet die Uebereinstimmung keineswegs überall bei der Vergleichung jeder zwei Planeten in derselben Weise und in gleichem Grade statt. Größer wie oben und schon in der fünften Decimalstelle hervortretend, zeigt sich z. B. die Abweichung bei der Vergleichung der Umlaufzeiten und Bahnaxen der Pallas und Vesta. Die Umlaufzeit bei jener beträgt 1686,93712, bei dieser, wie oben angegeben: 1324,45820 Tage. Die große Bahnaxe bei jener faßt 133036, bei dieser: 113222 Erdhalbmesser.

Der Logarithm. des Quadrats von 1686,93712 ist = 6,4541976
" " " " " 1324,45820 " = 6,2440768
deren Differenz = 0,2101208

Der Logarithm. des Cubus von 133036 ist = 15,3719076
" " " " " 113222 " = 15,1617927
deren Differenz = 0,2101149

wo also die drei letzten Decimalstellen schon nicht mehr mit einander übereinstimmen.

Daß die geforderte Uebereinstimmung nicht absolut und mithin nicht in allen Fällen in gleichem Grade stattfindet, fällt ohne Zweifel zum Theil der nur approximativen Richtigkeit der zum Grunde gelegten Zahlenwerthe anheim. Ein Theil dieser Beschränkung ist wesentlich aber auch in einer nur approximativen Gültigkeit des Kepplerschen Gesetzes selbst enthalten, wie sich bald weiter unten zeigen wird.

Früher war man, im unbeschränkten Vertrauen auf die Newtonsche Demonstration, der Ansicht, daß das dritte Kepplersche Gesetz unbedingt, ohne Unterschied der Massengröße der einzelnen bewegten Körper gültig sei und daß Abweichungen davon, welche die Beobachtung zeige, nur Veranlassungen von außen oder Beobachtungsfehlern zuzuschreiben seien. Und in der That, wenn es mit Beiseitesetzung anderweitiger Bedürfnisse der Naturforschung, nur auf die consequente Durchführung der mechanischen Combination Newton's ankommt, so müssen seine Voraussetzungen auch zur Ableitung des dritten Kepplerschen Gesetzes aus ihnen vollkommen ausreichend sein, weil jeder specielle Fall, bei jeder gegebenen Bahnaxe und Tangentialkraft innerhalb der bekannten Bedingungen durch eine entsprechende Excentricität der Bahn sich dem allgemeinen Gesetze accommodirt, während es auf die specielle Massengröße dabei gar nicht ankommt, da die Größe des Bewegungsantriebes immer im umgekehrten Verhältniße zur Größe der Masse steht. Allein

in späteren Erfahrungen haben sich doch solche Abweichungen von dem dritten Kepplerschen Gesetze gezeigt, die nicht mehr als Folgen bloßer Beobachtungsfehler gelten können, sondern veranlaßt haben, sie als Irregularitäten aus zu großer Verschiedenheit der Massen herzuleiten, so weit sie nicht etwa durch anderweitige äußerliche und gegen das Gesetz als ganz zufällig zu betrachtende Umstände, namentlich durch Störungen und durch die supponirte Wirkung eines widerstehenden Mittels, des Aethers, hervorgebracht werden.

Hiegegen wird es sich nun als ein Vorzug und als eine Rechtfertigung unserer bis dahin entwickelten Ansicht herausstellen, daß nach ihr sich auf einen und denselben Schlag einerseits das dritte Kepplersche Gesetz der Idee nach als eine nothwendige und fest begründete Wahrheit und zwar völlig unabhängig von den Newtonschen Voraussetzungen ergiebt, während zugleich andererseits daraus hervorgeht, daß das Gesetz schon an und für sich in den Grundbedingungen, unter welchen es zur Manifestirung gelangt, einer Trübung und Abweichung von seiner ursprünglichen Reinheit unterworfen sei; gänzlich abgesehen von der Verschiedenheit in der Massengröße der die Sonne umkreisenden Körper, so wie von der Bewegung der Sonne und von sonstigen äußerlich einwirkenden Störungen und Hindernissen, ohne daß übrigens damit Möglichkeit und Wirklichkeit der letzteren gradehin in Abrede gestellt wird. Es wird sonach bald weiter unten sich zeigen, warum in dem einen der beiden angeführten Beispiele die Uebereinstimmung mit dem Kepplerschen Gesetze größer als in dem andern sei.

§. 44.

Wenn dasselbe Gesetz, welches oben für jede einzelne in einer und derselben Bahn um die Sonne kreisende Masse erwiesen worden, daß nämlich die rotatorischen Antriebe in je zwei Puncten der Bahn sich umgekehrt wie die zugehörigen Drehungsradien oder wie die respectiven Abstände von der Sonne verhalten, auch für verschiedene in verschiedenen Abständen von der Sonne und in verschiedenen Bahnen sich um sie bewegende Massen geltend wäre, so würde auf dieselbe Weise, wie schon weiter oben in §. 35 in Bezug auf elektromagnetische Rotationen nachgewiesen worden, für die in verschiedenen Bahnen die Sonne umkreisenden Planeten und Kometen nicht das dritte Kepplersche Gesetz gelten, sondern dieses: daß sich die Umlaufzeiten wie die Quadrate der Abstände oder der Bahnaxen verhielten und daß mithin die Quadrate der Umlaufzeiten, nicht nach dem Kepplerschen Gesetz wie die Cubi, sondern wie die Biquadrate der Abstände oder der Bahnaxen sich verhielten.

So wenig aber für verschiedene Elektromagnete, welche einen und denselben Centralmagnet umkreisen, eine solche Bedingung gilt, nämlich so wenig verschiedene Elektromagnete mit einer und derselben, nur durch den Abstand modificirten Stärke gegen einen Centralmagnet reagiren: eben so wenig ist ein Grund vorhanden, zu fordern oder zu erwarten, daß ein solches Gesetz auch für die um die Sonne kreisenden Himmelskörper gelten, oder, welches dasselbe wäre, daß alle diese Körper gegen die Sonne eine und dieselbe, bei allen gleiche und nur durch die verschiedenen Abstände in der Stärke modificirte Reaction üben sollten. Solch eine starre Einerleiheit des Verhaltens findet allerdings nach der Newtonschen Ansicht statt, so weit diese überhaupt noch den Massen ein thätiges Verhalten zugesteht; was jedoch für uns, die wir die Erscheinungen nicht bloß mit einem künstlichen Maßstab zu messen, sondern nach ihrer Naturwahrheit und Wirklichkeit kennen zu lernen suchen, nicht bindend sein darf. Vielmehr fordert das faktisch bestehende dritte Kepplersche Gesetz für die in verschiedenen Abständen die Sonne umkreisenden Himmelskörper ein ganz anderes Gesetz ihrer gegen die Sonne geübten Reactionskraft, als dasjenige der Gleichheit. Es bedingt nämlich die Annahme, daß diese Reactionskraft, was dagegen auch nach den Newtonschen Voraussetzungen gesagt werde, in den in verschiedenen Abständen von der Sonne befindlichen Körpern successiv zunehme in solcher Art und Weise, daß davon das dritte Kepplersche Gesetz die nothwendige Folge sei. Diesem aber wird entsprochen durch die folgende allgemein gültige Grundbestimmung:

Die intensive Stärke der durch Anziehungs- und Abstoßungsthätigkeit sich äußernden Reaction in den in verschiedenen Abständen von der Sonne befindlichen sie umkreisenden Himmelskörpern verhält sich direct wie die Quadratwurzeln aus ihren mittleren Abständen von der Sonne oder wie die Quadratwurzeln aus ihren halben oder ganzen großen Bahnaxen.

Dieses Gesetz, welches nur ein viel allgemeineres als das dritte Kepplersche Gesetz ist und die erste bis jetzt bekannte einfachste Vorstufe desselben bildet, wird sich alsbald durch die Uebereinstimmung der aus ihm gezogenen nächsten Folgerungen mit der Erfahrung als durchaus richtig erweisen.

Es ist also wohl zu merken, daß damit nicht das Verhältniß der Stärke der Wirkung ausgedrückt werde, wie sie in ihrer Abhängigkeit vom Raume besteht und durch ihn geschwächt wird, denn dieses Verhältniß ist, wie in §. 31 ff. auseinandergesetzt worden, immer nur das einfache des Raumes: sondern das Gesetz spricht

das Verhältniß in der Energie der Wirkung aus, wie sie den Massen des Himmelsraums nach ihrer in verschiedenen Abständen von der Sonne ihnen eigenthümlichen specifischen Verschiedenheit angehört. Je weiter von der Sonne entfernt, desto freier, selbstständiger und kräftiger die immanente Thätigkeit, und umgekehrt, je energischer und lebendiger die letztere ist, um so größer der Abstand der Masse von der Sonne. Es ist möglich und wahrscheinlich, daß das Gesetz, wie es hier ausgesprochen ist, noch nicht in der einfachsten Gestalt erscheine, daß es vielmehr ein noch allgemeineres, als den eigentlichen und ursprünglichen Ausgangspunct der Deduction über sich habe, worin das Gesetz der Abstände selbst erfaßt sein würde und dessen Ermittelung künftigen Forschungen anheim gestellt bleiben muß. So weit nach gegenwärtiger Bestimmung die Entscheidung reicht, so ist danach also z. B. wenn ein Himmelskörper in einer 4- 9- 16mal u. s. f. weitern Bahn als ein anderer die Sonne umkreist, (die Weite der Bahn nach der großen Bahnaxe bestimmt) die Energie seiner Reaction gegen die Sonne respective 2- 3- 4mal u. s. f. größer als in jenem; überhaupt wenn durch **A** und **B** die Reactionsstärke zweier Himmelskörper bezeichnet wird, deren halbe oder ganze große Bahnaxen **a** und **b** sind, so verhält sich

$$A : B = \sqrt{a} : \sqrt{b}.$$

§. 45.

Wenn die Bahnen zuvörderst in ihrer ursprünglichen Gestalt, der Auseinandersetzung in §. 41 gemäß, nicht als Ellipsen, sondern als Kreise gedacht werden, deren Durchmesser also den großen Bahnaxen der zugehörigen Ellipsen- oder deren Radien den großen Halbaxen von jenen gleich sind, so läßt sich aus dem obigen Gesetz des vorstehenden Paragraphen die Stärke des Rotationsantriebes, welchen jeder Himmelskörper in seinen einzelnen Massenpunkten an jeder Stelle des von ihm durchlaufenen Kreises, nach der Größe des Radius oder nach der Weite des Abstandes vom Centrum erleidet, leicht angeben. Diese Bestimmung giebt ein zweites, ebenfalls noch das dritte Kepplersche Gesetz an Allgemeinheit übertreffendes, welches die zweite und nächste Vorstufe desselben bildet. Es ist das folgende:

Die Rotationsantriebe in den einzelnen Puncten je zweier in verschiedenen Abständen von der Sonne sich um sie bewegenden Körper, wenn sie keine Ellipsen sondern Kreise um die Sonne beschreiben, verhalten sich an jeder Stelle dieser Kreisbahnen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den Abständen von der

Sonne oder wie die Quadratwurzeln aus den Radien oder Durchmessern der Kreise.

Wenn z. B. von zwei Körpern k und K jener einen Kreis, dessen Radius = 1, dieser einen Kreis mit dem Radius = 4 beschreibt, so verhält sich der Rotationsantrieb bei k zu dem bei K wie 2 zu 1, oder k bewegt sich mit noch einmal so großer Geschwindigkeit als K. Wäre der Radius des zweiten Kreises = 9, so würde k dreimal schneller als K sich bewegen u. s. f. Die Beweisführung ist zufolge des Gesetzes in vorstehendem Paragraphen und vermöge §. 41 sehr einfach.

Denn wenn die Rotationsantriebe durch P und Q und die Radien der entsprechenden Kreise d. h. die verschiedenen Drehungsradien durch a und b bezeichnet werden, so wäre, wenn die Reactionen gegen den Centralkörper bei beiden Bewegungen gleich wären, aus bekannten Gründen vermöge §. 41

$$P : Q = b : a = \frac{1}{a} : \frac{1}{b}.$$

Es verhalten sich aber die Reactionen wie $\sqrt{a} : \sqrt{b}$ nach dem in vorstehendem Paragraphen aufgestellten Grundgesetz, folglich ist

$$P : Q = \frac{\sqrt{a}}{a} : \frac{\sqrt{b}}{b} = \frac{1}{\sqrt{a}} : \frac{1}{\sqrt{b}}$$

$$\text{oder} \quad P : Q = \sqrt{b} : \sqrt{a}.$$

Die Wahrheit dieses Ergebnisses und mit ihr auch die Wahrheit des obersten Grundgesetzes in §. 44. wollen wir nun sogleich durch die vollständige Uebereinstimmung dieses Ergebnisses mit der Erfahrung im folgenden Paragraphen darthun.

§. 46.

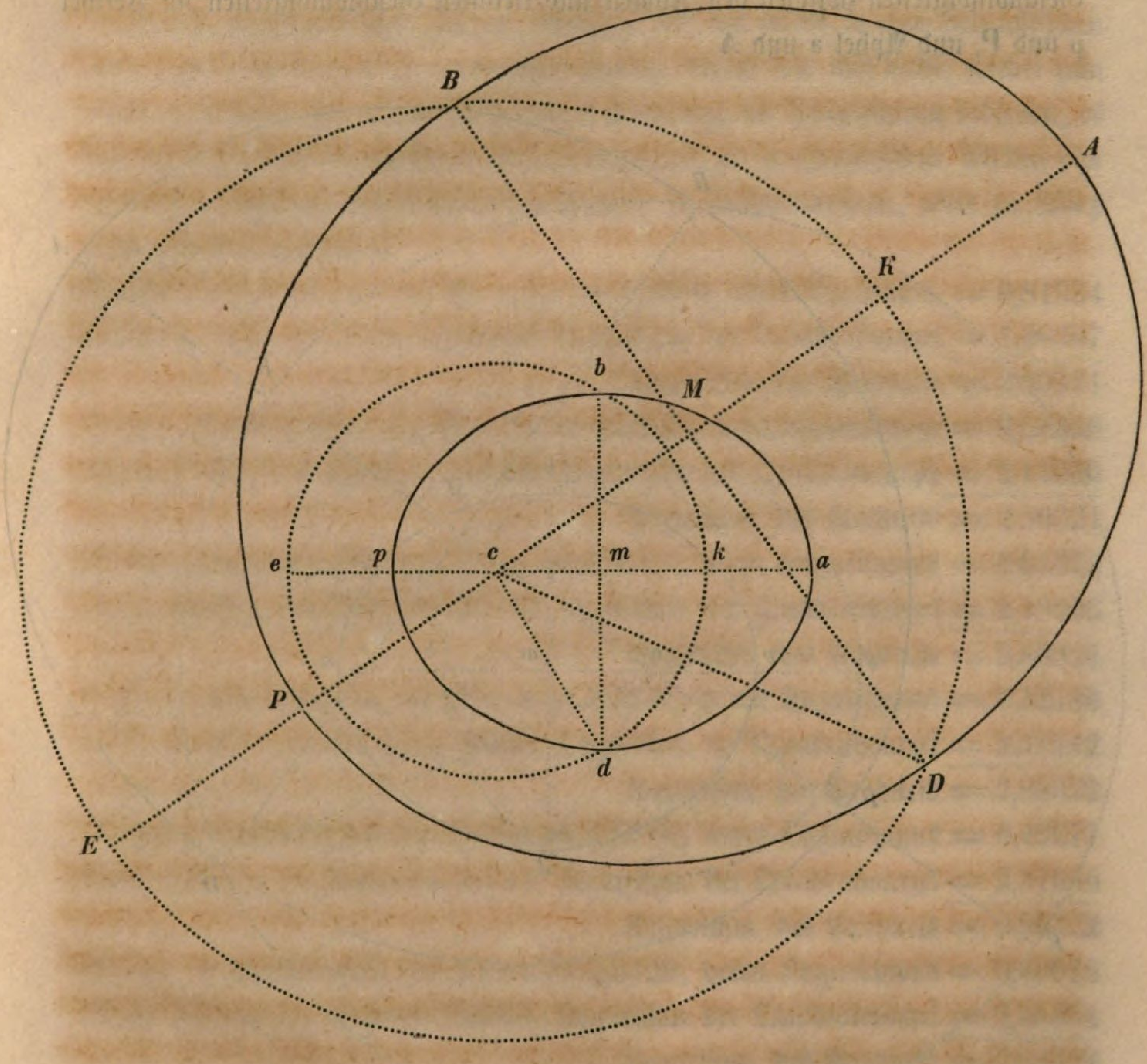
Es sei in der nachstehenden Figur c der Ort der Sonne, oder überhaupt eines Centralkörpers, und um denselben werden von zwei andern Körpern die elliptischen Bahnen abpd, ABPD beschrieben, deren große Axen ap, AP deren Nebenaxen bd, BD, deren Excentricitäten, indem c ein gemeinschaftlicher Focus beider ist, mc = mk und Mc = MK sind und mit welchen die ihnen ursprünglich zum Grunde liegenden Kreisbahnen, deren Radien cd = ce = mp und cD = cE = MP sind, zusammengehören.

Wenn die beiden Körper sich nicht in den elliptischen Bahnen sondern in den letztgenannten Kreisen bewegten, so würden sie laut §. 45 in jeder Stelle der respectiven Kreise durch Rotationsantriebe und mit Geschwindigkeiten bewegt werden, welche sich zu einander umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den zugehörigen Radien verhiel-

ten, so daß, wenn die Geschwindigkeit des Körpers in dem zu cd gehörigen Kreise mit v und die des andern in dem zu cD gehörigen Kreise mit V bezeichnet wird,

$$v : V = \sqrt{cD} : \sqrt{cd} \text{ und}$$

$$\text{mithin auch } v\sqrt{cd} = V\sqrt{cD} \text{ sein muß.}$$

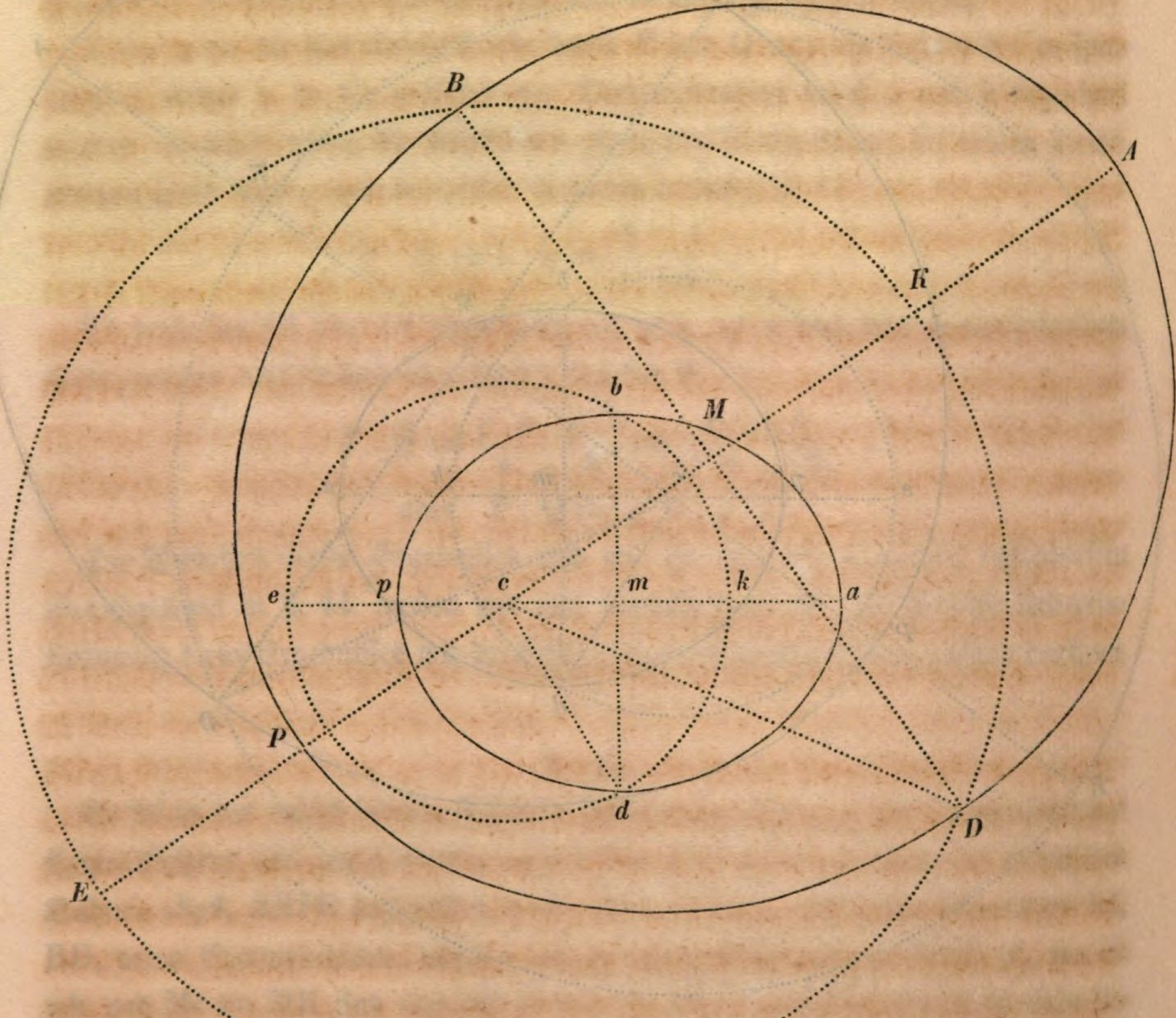


Dieses allgemein ausgedrückt, giebt folgendes Gesetz:

Wenn eine auch noch so große Zahl von Körpern um einen gemeinschaftlichen Centralkörper in Kreisbahnen sich bewegen, so bilden die Rotationsantriebe oder entsprechenden Geschwindigkeiten derselben, wenn jede einzelne in die Quadratwurzel des zu-

gehörigen Drehungsradius multiplicirt wird, ein bei allen gleiches, constantes Product.

Nun sind aber die Geschwindigkeiten, mit welchen sich die Körper in den Kreisen bewegen in den Puncten b und d, **B** und **D** zugleich die Geschwindigkeiten ihrer Bewegungen an diesen Stellen der elliptischen Bahnen selbst, nämlich die mittleren Geschwindigkeiten zwischen den größten und kleinsten Geschwindigkeiten im Perihel p und **P**, und Aphel a und **A**.



Demnach ergiebt sich das Gesetz unter folgendem Ausdruck:

Für alle um die Sonne kreisenden Planeten und Kometen ist das Product, welches entsteht, wenn die mittlere Geschwindigkeit

jedes einzelnen Körpers, wie sie in einem der Endpuncte der kleinen Bahnaxe stattfindet, multiplicirt wird in die Quadratwurzel aus dem zugehörigen Drehungsradius, oder, welches dasselbe ist, in die Quadratwurzel aus der zugehörigen großen Halbaxe der Bahn, eine und dieselbe beständige Größe.

Die Erfahrung bestätigt dies zur Genüge, wie wir sofort in einer beträchtlichen Zahl von Erfahrungsdatis nachweisen wollen, indem wir uns dabei wieder zum Behuf der leichteren und übersichtlicheren Rechnung der Logarithmen bedienen; es sind dabei überall die mittleren Geschwindigkeiten in geographischen Meilen und die großen Halbaxen der sämmtlichen Bahnen in Erdhalbmessern, jeder zu 859½ geogr. Meilen, angegeben.

Mittlere Geschwindigkeit des Mercur = 6,5969; deren Logarithm. = 0,81934
Große Halbaxe der Bahn = 9284; Logarithm. der Quadratwurzel = 1,98387
Logarithm. des Products = 2,80321

Mittlere Geschwindigkeit der Venus = 4,8259; deren Logarithmus = 0,68358
Große Halbaxe der Bahn = 17349; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,11936
Logarithm. des Products = 2,80321

Mittlere Geschwindigkeit der Erde = 4,1044; deren Logarithmus = 0,61325
Große Halbaxe der Bahn = 23985; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,18996
Logarithm. des Products = 2,80321

Mittlere Geschwindigkeit des Mars = 3,3251; deren Logarithmus = 0,52180
Große Halbaxe der Bahn = 36546; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,28142
Logarithm. des Products = 2,80322

Mittlere Geschwindigkeit der Vesta = 2,6716; deren Logarithmus = 0,42677
Große Halbaxe der Bahn = 56611; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,37645
Logarithm. des Products = 2,80322

Mittlere Geschwindigkeit der Juno = 2,5129; deren Logarithmus = 0,40018
Große Halbaxe der Bahn = 63984; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,40304
Logarithm. des Products = 2,80322

Mittlere Geschwindigkeit der Ceres = 2,4672; deren Logarithmus = 0,39219
Große Halbaxe der Bahn = 66381; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,41102
Logarithm. des Products = 2,80321

Mittlere Geschwindigkeit der Pallas = 2,4646; deren Logarithmus = 0,39175
Große Halbaxe der Bahn = 66518; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,41147
Logarithm. des Products = 2,80322

Mittlere Geschwindigkeit des Jupiter = 1,7994; deren Logarithm. = 0,25512
Große Halbaxe der Bahn = 124788; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,54809
Logarithm. des Products = 2,80321
Mittlere Geschwindigkeit des Saturn = 1,3289; deren Logarithm. = 0,12350
Große Halbaxe der Bahn = 228787; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,67971
Logarithm. des Products = 2,80321
Mittl. Geschwindigkeit des Uranus = 0,9371; deren Logarithm. = 0,97178—1
Große Halbaxe der Bahn = 460111; Logar. der Quadratwurzel = 2,83143
Logarithm. des Products = 2,80321

Beispiele für Kometen, deren Umlaufzeit bekannt ist, werden weiter unten vorkommen.

§. 47.

Die Uebereinstimmung der Ergebnisse in so vielen Fällen verbürgt die Wahrheit des obigen Gesetzes, daß die mittlere Geschwindigkeit eines Himmelskörpers in die Quadratwurzel aus der großen Halbaxe seiner Bahn multiplicirt, ein constantes Product gebe. Diesem liegt also das noch allgemeinere Gesetz zum Grunde, daß für die ursprünglichen Kreisbahnen eine solche Beständigkeit in Beziehung auf jede zwei beliebige Puncte gelte und wenn die sämmtlichen elliptischen Bahnen von gleicher Excentricität, also alle einander ähnlich wären, so würde aus leicht zu übersehenden Gründen der Satz auch durchgehends für alle in sämmtlichen Bahnen übereinstimmig liegende Puncte, also für sämmtliche Aphelien oder Perihelien oder für sämmtliche von diesen oder jenen um gleiche aliquote Theile der respectiven Bahnen abstehende Punkte gelten, so daß die in diesen Puncten stattfindende Geschwindigkeit multiplicirt in die Quadratwurzel des zugehörigen Drehungsradius für alle ein und dasselbe Product wäre. Für solche Bahnen, die wegen ihrer geringen Excentricitätsverschiedenheit beinahe als ähnlich gelten können, wie z. B. die Bahnen des Jupiter und Uranus, gilt dies daher auch annäherungsweise in nicht unbeträchtlichem Grade; an übereinstimmig liegenden Punkten, selbst am Perihel und Aphel, für welche sonst die Abweichungen am größesten sind, nähern sich die betreffenden Producte der Gleichheit in unzweideutiger Weise, wie folgende Beispiele darthun, in welchen wieder für die Geschwindigkeiten die geogr. Meile und für die Abstände der Aphelien und Perihelien die Größe des Erdhalbmessers, wie in vorstehendem Paragraph als Einheit zum Grunde liegt.

a. Für die Aphelien:

Geschwindigkeit des Jupiter = 1,7135; . . . . . deren Logarithmus = 0,23387
Abstand des Aphel = 130806; Logarithmus der Quadratwurzel = 2,55831
Logarithmus des Products = 2,79218

Geschwindigkeit des Uranus = 0,8934; . . . deren Logarithmus = 0,95104—1
Abstand des Aphel = 481582; Logarithmus der Quadratwurzel = 2,84133
Logarithmus des Products = 2,79237

b. Für die Perihelien:

Geschwindigkeit des Jupiter = 1,8871; . . . . . deren Logarithmus = 0,27578
Abstand des Perihel = 118772; Logarithmus der Quadratwurzel = 2,53735
Logarithmus des Products = 2,81313

Geschwindigkeit des Uranus = 0,9808; . . . deren Logarithmus = 0,99158—1
Abstand des Perihel = 438640; Logarithm. der Quadratwurzel = 2,82105
Logarithmus des Products = 2,81263

Für homologe und dabei vom Perihel oder Aphel entfernter liegende Puncte ist selbst noch in minder ähnlichen Bahnen die Uebereinstimmung der betreffenden Producte noch weit größer als in den eben dargelegten Beispielen.

Nachdem durch das bisherige zugleich die beiden in §. 44, 45 aufgestellten Gesetze als gültig erwiesen sind, so schreiten wir nun zur Ableitung des Kepplerschen Gesetzes selbst aus ihnen und zu den damit sich ergebenden Betrachtungen.

§. 48.

Wenn die beiden um die Centralmasse in **c** sich bewegenden Körper (s. ob. Fig. des §. 46), statt der elliptischen Bahnen **abpd**, **ABPD**, deren große Halbaxen **mp** und **MP** sind, die ihnen ursprünglich zum Grunde liegenden, aus **c** mit den Radien **cd** = **mp** und **cD** = **MP** beschriebenen Kreise durchliefen, so würden in jedem Puncte der letzteren, laut oben stattgehabten Nachweisungen, die rotatorischen Antriebe oder ihre damit gegebenen Geschwindigkeiten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den zugehörigen Radien verhalten. Wenn also der Radius **cd** durch **r** und **cD** durch **R** bezeichnet wird, so verhielte sich die Geschwindigkeit auf der innern zum Radius **r** gehörigen Kreisbahn zu der auf der äußeren, deren Radius **R** ist, wie sich $\sqrt{R}$ zu $\sqrt{r}$ verhält.

Bezeichnet man ferner die Zeiten, in welchen die beiden Kreise jeder für sich von den in ihnen sich bewegenden Massen vollständig durchlaufen sein würden, respective durch **t** und **T**, so ist also dieses Verhältniß der Umlaufzeiten **t** : **T** direct aus dem

Verhältniß der Kreisumfänge, oder welches dasselbe ist, aus dem Verhältniß der Radien r und R und aus dem umgekehrten Verhältnisse jener Geschwindigkeiten $\sqrt{R}$ und $\sqrt{r}$ zusammengesetzt; also aus den beiden Verhältnissen r : R und $\sqrt{r}$: $\sqrt{R}$ und man hat

$$t : T = \left\{ \begin{matrix} r : R \\ \sqrt{r} : \sqrt{R} \end{matrix} \right\} \text{ oder } t : T = r\sqrt{r} : R\sqrt{R}$$

und folglich: $t^2 : T^2 = r^3 : R^3$.

Hiemit ist also das dritte Kepplersche Gesetz der Idee nach völlig scharf und unbedingt, unabhängig von den Newtonschen Voraussetzungen, als eine nothwendige, in den Bewegungsgesetzen der Himmelskörper ursprünglich enthaltene Bestimmung erwiesen, in sofern es nämlich für die Bewegung im Kreise gilt und diese letztere als die eigentliche, aller besondern Bewegung zum Grunde liegende und als eine in dem universellen rotatorischen Antrieb ursprünglich gegebene Bewegung zu betrachten ist.

In sofern aber in der individuellen Bewegung jedes einzelnen Körpers eine größere oder geringere Abweichung vom Kreise, durch die aus dem periodischen Wechsel des vorwaltenden attractiven und repulsiven Effects sich ergebende elliptische Bahn, von mehr oder minder erheblicher Excentricität, erzeugt wird, so ist eben damit zugleich der Grund einer zwar nicht schlechthin nothwendigen aber leicht möglichen Trübung des Gesetzes gegeben, dem gemäß es meistens auch in der äußerlichen Erscheinung nicht zu einer der Idee vollkommen entsprechenden, sondern ihr nur mehr oder minder angenäherten und in einzelnen Fällen selbst beträchtlich von ihr sich entfernenden Geltung zu gelangen vermag. Durch das gleich Folgende wird hierüber die nähere Auskunft gegeben.

§. 49.

Die statt des Kreises beschriebene Ellipse hat nämlich, wie es im bisherigen gezeigt worden, zwar bei jedem Grade der ihr zugehörigen Excentricität stets eine dem Durchmesser des Kreises gleiche Hauptaxe; aber ihre Nebenaxe, welche eine vom Durchmesser verschiedene Sehne des Kreises bildet, ist um so kleiner als der Durchmesser, je größer die Excentricität der Ellipse ist und die solcher Gestalt an die Stelle des Kreises getretene Ellipse ist demnach sowohl dem Flächeninhalt als dem Umfange nach jeder Zeit kleiner als jener.

Wenn der Radius des Kreises, also auch die große Halbaxe der Ellipse mit r, die kleine Halbaxe der letzteren mit ρ bezeichnet und der Flächeninhalt des Kreises durch F, so wie derjenige der Ellipse durch f ausgedrückt wird, so ist $F = \pi r^2$ und

$f = \pi r \rho$, also $F : f = r : \rho$ d. h. der Flächeninhalt der Ellipse ist in demselben Maße kleiner als die Kreisfläche, in welchem die kleine Halbaxe der Ellipse kleiner als der Radius des Kreises ist. Für dte Vergleichung des Umfanges der Ellipse und des Kreises giebt es keinen so einfachen Ausdruck, da sich der Umfang der Ellipse aus dem Axenverhältniß nur durch eine unendliche Reihe bestimmen läßt. Im Allgemeinen gilt aber, daß das Verhältniß des Umfanges der Ellipse und des zugehörigen Kreises stets kleiner als das Verhältniß der Flächen beider Figuren ist. Wenn z. B. ρ halb so groß als r ist, so ist auch die Ellipsenfläche halb so groß als die Kreisfläche; der Umfang von jener beträgt dagegen dann noch fast drei Fünftheile des Kreisumfanges.

Bei einer solchen Verkleinerung, welche die Bahn mit ihrer elliptischen Gestalt erleidet, indem zwar der Durchmesser des ursprünglichen Kreises in der großen Axe der Ellipse seine anfängliche Größe behält, der Flächeninhalt aber und der Umfang der Bahn um so mehr abnehmen, je größer die Excentricität der Ellipse ist, bietet sich der Gedanke an die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, daß mit solcher Aenderung auch die Umlaufzeit eine Verminderung erleide, von selbst dar. Und in der That zeigt sich aus den vorliegenden Erfahrungsdatis, besonders in dem Laufe der Kometen, deren Bahnen eine große Excentricität haben, eine solche Verminderung der Umlaufzeit, die jedoch keineswegs dem verminderten Umfange, noch weniger der verminderten Flächengröße der Bahn proportional ist, sondern nach einem viel kleineren Verhältniß als eine bis dahin noch unbekannte Function der Excentricität aufzutreten scheint, wie sich alsbald unten aus den beigebrachten Beispielen ergeben wird.

Damit ist indeß die Vollständigkeit und Wahrheit des dritten Kepplerschen Gesetzes in seiner Erscheinung bei dem Umlauf irgend zweier Himmelskörper um die Sonne noch keineswegs nothwendig aufgehoben, auch wenn die Excentricitäten der Bahnen beider Körper sehr groß sind, sobald nur die elliptische Bahn des einen dieser Körper dieselbe Excentricität und damit dasselbe Verhältniß zu dem ihr zum Grunde liegenden Kreise hat, wie diejenige des andern mit ihm verglichenen Körpers. So ist in obiger Figur des §. 46 die Excentricität **cM** die Hälfte der zugehörigen Halbaxe $MP = cD$ und eben so die Excentricität **cm** die Hälfte von $mp = cd$; beide Ellipsen **BPDA** und **bpda** sind daher einander ähnlich und das Verhältniß ihrer Flächen und ihrer Umfänge ist dasselbe wie das der zugehörigen Kreise. Die für diese elliptischen Bahnen gültigen Umlaufzeiten, wie groß oder klein auch die Veränderung jeder einzelnen sein möge, haben demnach auch noch dasselbe Ver-

hältniß, wie diejenigen, welche den zugehörigen Kreisen entsprechen und das dritte Kepplersche Gesetz muß demnach in derselben Schärfe wie für die Kreise, so auch in den Umlaufzeiten durch diese elliptischen Bahnen gelten.

Wenn also die Bahnen der sämmtlichen die Sonne umkreisenden Himmelskörper ähnliche Ellipsen wären, so würden alle diese Körper in ihrem Laufe, abgesehen von äußeren als zufällig zu betrachtenden Störungen, dem dritten Kepplerschen Gesetze ohne die mindeste Abweichung entsprechen, wie groß auch mit den von innen heraus thätigen Gegensätzen der Anziehung und Abstoßung die Excentricität und die Abweichung sämmtlicher Bahnen vom Kreise sein möchte. In der Wirklichkeit wird dagegen die Approximation an das Gesetz, so groß sie bei der Mehrzahl der Planeten, vermöge der im Ganzen nur geringen Abweichung der Bahnen vom Kreise auch sein mag, doch in einzelnen Fällen um so mehr beschränkt, je größer das Verhältniß der respectiven Excentricitäten sich vorfindet. Daher stimmen z. B. in den §. 43 angeführten Fällen die Erfahrungsergebnisse im Laufe der Planeten Ceres und Vesta mehr als diejenigen, welche sich bei Vergleichung des Laufes der Pallas und Vesta darbieten, mit dem Gesetze überein, weil die Excentricität der Bahnen bei Ceres: 0,0781, bei Vesta: 0,0899, bei Pallas: 02415 beträgt, daß mithin das Excentricitätsverhältniß der Bahnen bei Ceres und Vesta sich nur auf 1,1506, hingegen bei Pallas und Vesta auf 2,6854 beläuft.

§. 50.

Ganz besonders aber zeigt sich die aus einer großen Excentricität entspringende Beschränkung der approximativen Gültigkeit des Kepplerschen Gesetzes bei den Kometen von bekannter Umlaufzeit. Weil die große Bahnaxe derselben, bei der Unmöglichkeit einer directen Beobachtung ihres Laufes in der Gegend des Aphels, hauptsächlich nur aus jener bekannten Umlaufzeit, unter zu Grundelegung einer unbeschränkten Gültigkeit des dritten Kepplerschen Gesetzes bestimmt worden ist, die Umlaufzeit aber in Folge der großen Excentricität kleiner geworden ist, als sie im Verhältniß der sich gleich gebliebenen großen Bahnaxe, nach dem vollgültigen Kepplerschen Gesetz, sein würde, so ist bei allen diesen Kometen die große Bahnaxe zu klein, die mittlere Geschwindigkeit der Bewegung aber eben deshalb zu groß gefunden. Da nun ferner das Verhältniß dieser Vergrößerung und Verminderung auf beiden Seiten ein ganz verschiedenes ist, indem es sich bei Bestimmung der Bahnaxe nach der Potenz $\frac{2}{3}$, bei Bestimmung der Geschwindigkeit aber nach der ersten Potenz richtet, so findet keine Compensation der Fehler statt und die Ergeb-

nisse der Rechnung stimmen nicht, wie sie müßten, mit dem obigen in §. 46 bewiesenen Gesetze überein, sondern sie geben an der Stelle des dortigen, durch die Quadratwurzel aus der halben Bahnaxe in die mittlere Geschwindigkeit bedingten constanten Productes: 2,80321, überall einen zu groß ausfallenden Werth.

Wir wollen dies zuvörderst kürzlich an dem Beispiele des Halley'schen Kometen nachweisen und die Berichtigung hinzufügen. Nach dem Maximum der Umlaufzeit von 76 Jahren ist für diesen Kometen die halbe große Bahnaxe = 17,9850 der halben Erdbahnaxe, oder diese wie in §. 46 zu 23985 Erdhalbmesser genommen, = 431370,2 Erdhalbmesser und die mittlere Geschwindigkeit = 0,9930 geogr. Meilen gefunden.

Es ist aber der Logarithmus von 0,9930 = 0,99695 — 1
und der Logarithm. der Quadratwurzel aus 431370,2 = 2,81742
Der Logarithmus des Produkts = 2,81437
Der Logarithm. des constanten Produkts = 2,80321
Der obere also um 0,01116 zu groß.

Da die constante Größe, deren Logarithmus 2,80321, gegeben ist und die Geschwindigkeit als der eine Factor im umgekehrten Verhältniß der Vergrößerung des andern gefunden wird, so läßt sich die Correction mittelst Auflösung einer quadratischen Gleichung durch eine directe Rechnung vollführen, in Folge deren sich ergiebt:

Der Logarithmus der mittleren Geschwindigkeit = 0,97462 —1
Der Logar. der Quadratwurzel des andern Factors = 2,82859
Der Logarithmus des Produktes = 2,80321

Es ist aber die zum Logarithmus 0,97462 — 1 gehörige Zahl = 0,9432 und das Quadrat der zum Logarithmus 2,82859 gehörigen Zahl = 454132,
daher die mittlere Geschwindigkeit nicht = 0,9930 sondern = 0,9432
und die halbe Bahnaxe nicht = 431370 sondern = 454132
oder wenn die große Halbaxe der Erdbahn = 1 gesetzt wird, die halbe Bahnaxe
des Kometen nicht = 17,9850 sondern 18,9340.

In gleicher Weise ergiebt sich eine Correction für die betreffenden Elemente des Olbers'schen, Encke'schen und Biela'schen Kometen.

Für den Olber'schen Kometen mit einer Umlaufzeit von nahe 75 Jahren, ist nach den bisherigen Bestimmungen die mittlere Geschwindigkeit = 0,980 geogr. Meilen und die halbe große Bahnaxe = 422947 Erdhalbmesser oder = 17,6338 der halben Erdbahnaxe angegeben worden. Dagegen ergiebt sich nach einer ähnlichen Rechnung, wie oben, die mittlere Geschwindigkeit = 0,97478 und die halbe große

Bahnaxe = 425210 Erdhalbmesser oder = 17,7280 der halben Erdbahnaxe. Denn nun ist

Logarithmus der mittleren Geschwindigkeit 0,97478 = 0,98891 — 1
und $\frac{1}{2}$ Logarithm. der großen Halbaxe 425210 = 2,81430
Logarithm. des Productes = 2,80321
während nach bisherigen Bestimmungen erhalten wird: 2,80436,
also eine Zahl, welche um die Differenz: 0,00115
von dem constanten Werthe abweicht.

Beim Enke'schen Kometen, dessen Umlaufzeit nahe 3 Jahr 115 Tage beträgt, ist nach bisherigen Bestimmungen die mittlere Geschwindigkeit = 2,760 g. M. und die halbe große Bahnaxe gleich 53340 Erdhalbmesser oder = 2,2239 der halben Erdbahnaxe. Dagegen findet sich nach unserm Regulativ die mittlere Geschwindigkeit = 2,7444 und die halbe große Bahnaxe = 53642 Erdhalbmesser oder = 2,2365 der halben Erdbahnaxe. Denn nach diesen Bestimmungen hat man nunmehr

Logarithm. der mittleren Geschwindigkeit: 2,7444 = 0,43846
und $\frac{1}{2}$ Logarithm. der großen Halbaxe 53642 = 2,36475
Logarithm. des Productes = 2,80321
wogegen die bisherigen Bestimmungen ergeben: 2,80444
mit einem Ueberschuß von: 0,00123
über den constanten Werth.

Endlich beträgt beim Biela'schen Kometen, dessen Umlauf 6 Jahr 270 Tage währt, nach den bisherigen Ermittelungen, die mittlere Geschwindigkeit 2,194 g. M. und die halbe große Bahnaxe ist = 84386 Erdhalbmesser oder = 3,5183 der halben Erdbahnaxe. Es findet sich dagegen nach dem obigen Verfahren die mittlere Geschwindigkeit = 2,1823 g. M. und die halbe große Bahnaxe = 84838 Erdhalbmesser oder = 3,5371 der halben Erdbahnaxe. Denn hiernach ist

Logarithm. der mittleren Geschwindigkeit 2,1823 = 0,33892
und $\frac{1}{2}$ Logarithm. der großen Halbaxe 84838 = 2,46429
Logarithm. des Productes = 2,80321
statt daß die bisherigen Bestimmungen die Zahl: 2,80437
mit der Differenz von: 0,00116
über den constanten Werth ergeben.

Schluss.

Daß die mittlere Geschwindigkeit des Laufes eines jeden Planeten oder Kometen der Quadratwurzel der Hauptaxe seiner Bahn umgekehrt proportional ist, läßt sich allerdings, nachdem dieser Satz einmal von dem Verfasser auf dem von ihm eingeschlagenen Wege aufgefunden und nachgewiesen worden, auch unter Zugrundelegung der gewöhnlichen Newton'schen Voraussetzungen aus dem zweiten Keppler-schen Gesetz ohne Schwierigkeit beweisen und die Newtonianer, welche nicht in die Idee des Ganzen eingehen und nur das einzelne Ergebniß jenes Satzes ins Auge fassen, werden darin vielleicht nicht mehr als eben nur ein neues Corollar ihres bisherigen Systems erblicken. Das mag immerhin sein, da es nicht in der Absicht des Verfassers gelegen hat, das an scharfsinnigen und kunstvollen Methoden so überaus reiche Feld der praktischen rechnenden Astronomie zu erweitern, obwohl eben jener Satz, wie sich unmittelbar vorher gezeigt hat, schon für die Bestimmung der Bahnelemente eines Kometen als ein nützliches Regulativ und Criterium eine wesentliche Anwendung erleidet.

Aber nicht der Calcül und die technische Vervollkommnung der Sternkunde, sondern die Erkenntniß und die wissenschaftliche Begründung der Naturlehre ist es, worin die Zielpunkte der Bemühungen des Verfassers liegen. Es ist ihm längst eine Sache der allerentschiedensten Ueberzeugung gewesen, daß das Verständniß sämmtlicher Naturwirkungen ohne Unterschied, von dem einfachsten bis zum complicirtesten Erfolg, nur mittelst des gewonnenen Verständnisses der Polaritätserscheinungen möglich sei, da die Natur in allen ihren Aeußerungen, ihrem eigentlichsten Begriff und Wesen gemäß, lediglich von dialektischen Entwickelungsmomenten

getragen wird und danach in allem, was sie zeigt und vollbringt auf Polarität (Dualismus in der Einheit — Einheit im Dualismus — Trinität) beruht und dadurch bedingt ist.

Das Wesen der Polaritätserscheinungen aber, von den schlichtesten, naivsten Anfängen bis zu den verschlungensten Formen ihrer Aeußerungen, auf den Uebergangsstufen aufwärts und abwärts, kann kein Zweig der Naturwissenschaften anschaulicher und eindringlicher kennen lehren, als der chemische Theil der Physik; vorausgesetzt, daß darin der Chemismus nicht in der Beschränkung der Lehrsysteme unserer heutigen Specialchemie, sondern im lebendigen Zusammenhange mit der Gesammtwirksamkeit, als Naturfunction, als ein Ganzes in der Einheit der drei Momente der Elektricität, des Magnetismus und der eigentlichen chemischen Thätigkeit aufgefaßt wird. Dieses Feld ist eine Schule für die Dialektik überhaupt und für das Studium der Physiologie insbesondere, wie kein anderes im ganzen Bereich der Wissenschaften. Ist man darin bis zu dem umfassenden Gesetz der bipolaren Thätigkeitsrichtung jedes einzelnen wirkenden chemischen Factors gelangt, wie es in jeder Gestalt des chemischen Processes, vom Glas und Reibzeuge der Elektrisirmaschine an bis zur intensiven Metamorphose der Wasserbildung aus Sauerstoff und Wasserstoff, herrschend ist; so kann man die Aussicht in die künftige Möglichkeit eines durchgreifenden, alle Erscheinungen unter wenigen einfachen Gesetzen zusammenfassenden Verständnisses der organischen Wirkungen gewinnen; nicht in dem Sinne der von den heutigen Chemikern noch fortwährend verfolgten, leider ein für allemal verfehlten, wenn auch nicht vergeblichen Richtung, nach welcher die Organismen durch Vereinigung und Wechsel von Stoffen entstehen und bestehen sollen; sondern in dem Sinne, daß zu den complicirteren Processen der Pflanzen- und Thierbildung die Typen und verständlichen Grundbestimmungen aus den bereits mit Sicherheit erkannten Processen der chemischen Metamorphose sich eruiren lassen. Denn die Natur in ihrer unendlich tief begründeten Gesetzlichkeit bleibt mit gleicher Treue eine und dieselbe in den einfachsten und zusammengesetztesten Erzeugnissen; der Schlüssel zu jenen ist zuverlässig auch ein Schlüssel für diese; nur die Methode und der Sinn seines Gebrauches will auf den verschiedenen Stufen und in den verschiedenen Formen der Wirksamkeit gefunden und erprobt sein.

So ist denn auch mit dem zur Phänomenologie des Chemismus gewonnenen Schlüssel der Sinn seines Gebrauchs zum Gebiet der mechanischen Physik, für die kosmischen Bewegungen gefunden. Diese erschienen sonst in ihrer großartigen Einfachheit und Universalität, fast mehr noch als die Phänomene des Organismus der

Pflanzen- und Thierwelt, dem Verständniß des Menschengeistes für immer entzogen; aber siehe: in den magnetischen Erregungen der Metalle der galvanischen Kette hat sich uns eine sonst auf Erden ungekannte, bis dahin ungeahnte Urform der Polarität erschlossen und diese Urform ist zugleich diejenige, unter und mit welcher die Massen des Weltraums ihre ewigen, zu kosmischen Bewegungen sich bestimmenden Wechselwirkungen gegen einander vollführen. Dieselben Grundbedingungen, dieselben Normen und Gesetze, hier wie dort.

Wenn zwei Massen des Weltraums kosmisch (gravitirend) auf einander wirken, so geschieht es nicht, wie Newton lehrt, in der einen Thätigkeitsrichtung einer bloßen Anziehung: sondern es geschieht, wie die Natur und jeder chemische Proceß in jedem seiner Factoren es lehren, unter bipolarer Thätigkeitsrichtung. Mit der Anziehung unzertrennlich verbunden tritt auch in einer und derselben Masse der Gegeneffect der Abstoßung auf; die Massen erregen sich auf lebendige Weise zu beiden Polareffekten in der Form jener elementarischen Verschlungenheit der elektromagnetischen Circularpolarität und der normale Erfolg dieser universalen Erregungsprocesse besteht, ohne daß eine besondere Newtonische Tangentialkraft mit im Spiele wäre, in der rotatorischen Bewegung, mit welcher die eine Masse die andere unablässig umkreist.

Dies findet unter allen den Umständen statt, in welchen das Verhältniß der Massen und Entfernungen von der Art ist, daß die Gegenwirkung der kleineren kreisenden Masse, derjenigen der großen gegenüber, zu einer verschwindenden oder erfolglosen wird. Denn nun wirkt die größere Hauptmasse der Reaction der bipolarisch erregten kleineren Nebenmasse, wie der eine Pol eines Magneten einem bipolaren Elektromagneten entgegen und treibt sie ohne Ablaß im Kreise um sich her, der sich, mit dem bald und nothwendig eintretenden periodischen Wechsel in der Stärke des attractiven und repulsiven Polareffectes der Nebenmasse, zur elliptischen Bahn der letzteren gestaltet.

Ist die Nebenmasse der Hauptmasse so nahe, daß der repulsive Polareffect von jener durch diese total zurückgedrängt und die Circularpolarität in Longitudinalpolarität umgesetzt wird, so geht der Erfolg in den particulären Anziehungseffect über, der sich mit der geradlinigen Bewegung des Falles der Körper in der tellurischen Schwere darstellt.

Wenn dagegen die Differenz der Massen und ihre Entfernung von einander nicht so groß ist, daß die erregende Wirkung der einen der andern gegenüber erfolglos werden kann, so ruft jede einzelne von beiden in der andern den Erregungszustand der Circularpolarität hervor, unter welchem beide, so wie zwei Elektromagnete mit

übereinstimmig liegenden Polaritätsaxen, (vergl. §. 21) zu gegenseitiger particulärer Annäherungsbewegung, (Störung, Perturbation) angetrieben werden. Denn die übereinstimmige Lage der Polaritätsaxen ist in allen solchen der Beobachtung zu Gebot stehenden Fällen durch den Umstand motivirt, daß dabei jeder Zeit die beiden transitorisch aufeinander wirkenden Massen, unter dem gleichzeitigen Erregungseinfluß einer dritten Hauptmasse stehen, wie z. B. zwei sich nahe genug kommende Planeten oder ein Planet und Komet unter dem dominirenden Einfluß der Sonne.

Dieses wären in gedrängter Zusammenfassung nochmals hier am Schlusse die Grundlinien einer physikalischen, auf der Anerkennung des Naturlebens ruhenden, auf reinen Naturwirkungen, nicht auf künstlicher Mechanik, fußenden Theorie der Bewegung der Himmelskörper. Sie enthält wesentliche Data in hinlänglicher Zahl zu einer weiter nach ihr zu entwickelnden mathematischen Theorie. Ob diese je vollständig zu Stande kommen werde, kann fürs erste dahin gestellt bleiben; wenigstens ist die Ausführung derselben bis zu einem bestimmten Grade der Vollkommenheit nicht das Werk eines Einzelnen, ja selbst vielleicht nicht das Werk einer einzigen Generation. Hoffentlich wird es aber an Versuchen zu solcher Ausführung nicht fehlen, zumal wenn, wie es früher oder später bei hinlänglich vervollkommneten oder vermehrten Beobachtungen geschehen muß, künftige Erfahrungen die Unzulänglichkeit, mit welcher die Newtonsche Theorie als eine bloß künstliche nothwendig behaftet ist, zeigen werden.

Unterdessen wollen wir dieses große, bewunderungswürdige Kunstwerk mit aller Anerkennung und Ehrerbietung, die es verdient, hochachten und pflegen. Wehe der Wissenschaft, welche die großartigen Leistungen, die daran geknüpft sind, verkennen und in der Schule, welche durch seine Ausbildung dem menschlichen Geiste zu Theil geworden, jemals Rückschritte machen könnte. Man würde den Verfasser durchaus mißverstehen, wenn man das, was er gegen **Newton**, gegen sein System und gegen den mathematischen Calcül in seiner Anwendung auf die Physik überall nur bedingungsweise und relativ geäußert hat, in absolutem Sinn nehmen wollte. Nicht gegen den Mann und jene Leistungen, sondern vielmehr gegen diejenigen, welche ihm und diesen Leistungen alles, der Wahrheit des Naturlebens dagegen nichts, oder bei Weitem nicht das, was diesem gebührt, einräumen, ist der Tadel gerichtet. Die Physik war bis dahin in ihrem mechanischen und chemischen Theil, meistens nur das unselbstständige und charakterlose Echo dessen, was nach den einseitigen Ansichten, unter welchen Newtonianer, Ma-

thematiker und Chemiker ihre Analysen vollführten, fragmentarisch in sie hineintönte. Wenn sie dagegen durch die Zurückführung der kosmischen und chemischen Functionen auf wahre, umfassende Polaritätsgesetze der Naturwirksamkeit fürs erste nur einen Standpunkt gewonnen hat, mit dem sie auf sich selbst gestützt, ihren eigenthümlichen Inhalt bilden und erweitern, das falsche, einseitige, fremde von außen in sie abgesetzte, zusammengetragene vom wahren und angemessenen selbstständig nach eigener Entscheidung sondern, und eben so in der Folge einen rückwirkenden Einfluß auf die Astronomie und Chemie wird äußern können, wie sie selbst wiederum durch diese Disciplinen genährt und gefördert wird, so ist den Bestrebungen des Verfassers über Verdienst genügt und der Wissenschaft eine Genugthuung geworden, welche sie, ihrem innersten Begriffe nach, längst zu fordern berechtigt gewesen ist.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Druck und Papier von Heinrich Richter.

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Pohl, Georg Friedrich,

Der Elektromagnetismus und die Bewegung der Himmelskörper in ihrer gegenseitigen Beziehung

Breslau 1846

Phys.sp. 518 x
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10134481-6